

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOEL DE JESUS MACEDO

**AVALIAÇÃO DO SETOR DE SANEAMENTO NO BRASIL, PERÍODO 2004 A  
2015: USANDO A ANÁLISE DA FRONTEIRA ESTOCÁSTICA (SFA), ANÁLISE  
ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA), ÍNDICE DE MALMQUIST**

**CURITIBA**

**2018**

JOEL DE JESUS MACEDO

**AVALIAÇÃO DO SETOR DE SANEAMENTO NO BRASIL, PERÍODO 2004 A  
2015: USANDO A ANÁLISE DA FRONTEIRA ESTOCÁSTICA (SFA), ANÁLISE  
ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA), ÍNDICE DE MALMQUIST**

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em  
Desenvolvimento Econômico, Setor de Ciência  
Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná,  
como requisito parcial à obtenção do título de Doutor  
em Desenvolvimento Econômico.

Orientador: Prof. Dr. Armando Vaz Sampaio

**CURITIBA**

**2018**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS  
SOCIAIS APLICADAS – SIBI/UFPR COM DADOS FORNECIDOS PELO(A)  
AUTOR(A)

Macedo, Joel de Jesus

Avaliação do setor de saneamento no Brasil, período 2004 a 2015  
usando os métodos: análise da fronteira estocástica (SFA), análise  
envoltória de dados (DEA), índice de Malmquist / Joel de Jesus Macedo.  
2018.

208 p.

Orientador: Armando Vaz Sampaio.

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências  
Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento  
Econômico.

Defesa: Curitiba, 2018

1. Saneamento - Brasil - 2004-2015. 2. Fronteira estocástica de  
produção. 3. Análise envoltória de Dados. 4., Índice de Malmquist. I.  
Sampaio, Armando Vaz, 1965- II. Universidade Federal do Paraná. Setor  
de Ciências Sociais Aplicadas. Programa de Pós-Graduação em  
Desenvolvimento Econômico. III. Título.

CDD 363.720981



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DESENVOLVIMENTO  
ECONÔMICO

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **JOEL DE JESUS MACEDO** intitulada: **Avaliação do Setor de Saneamento no Brasil, período 2004 a 2015 usando os métodos: Análise da Fronteira Estocástica (SFA), Análise Envolvória de Dados (DEA) e índice de MALMQUIST**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua Aprovado no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 08 de Março de 2018.

ARMANDO VAZ SAMPAIO  
Presidente da Banca Examinadora

VOLMIR EUGÊNIO WILHELM  
Avaliador Externo

DIRCEU SCARATTI  
Avaliador Externo

MAURICIO VAZ LOBO BITTENCOURT  
Avaliador Interno

ALEXANDRE ALVES PORSSE  
Avaliador Interno

Dedico esse trabalho à minha Mãe, Roz Angela Zortéa Macedo, que não está mais entre nós, pelo menos fisicamente, ao meu pai, João M. Macedo, à minha esposa, Ely Celia Corbari, por estar sempre presente quando preciso tanto afetivamente quanto profissionalmente, e aos meus filhos Sarah Corbari Macedo e Ramon Theodoro Figueiró Macedo, que enchem de alegria os meus dias.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida, benção e proteção.

Aos meus pais, João Maria Macedo e Roz Angela Zortéa Macedo, a quem devo tudo o que sou. Que eu possa retribuir e compartilhar com meus filhos o conhecimento adquirido e com a sociedade pelo investimento que fez em minha educação.

À Ely Celia, minha companheira, que segurou a barra por muitas vezes, viajou comigo para iniciar o doutorado em Recife (PE) quando nossa pequena Sarah tinha menos de dois meses de vida.

Aos meus colegas de trabalho da Sanepar que muitas vezes estimularam debates inerentes ao assunto. Destes colegas, em especial, agradeço à Leura Lucia Conte de Oliveira, cujo apoio e parceria em outras atividades motivaram ainda mais a finalizar este projeto, e à Antoniele Pessini Marchiani, que leu este trabalho e fez comentários pertinentes.

Expresso o meu apreço ao amigo Raphael Gomes Brasil, com o qual tivemos várias discussões acerca das ciências econômicas e, a partir das discussões, desenvolvemos uma amizade e diversos estudos.

Ao Professor Dr. Blàs Cabalero Nunes, cujas conversas e amizade dentro e fora do ambiente acadêmico propiciaram o pontapé inicial na imersão acadêmica.

Aos professores membros da banca, pela paciência na qualificação e avaliação deste trabalho contribuindo para tornar-se o melhor possível.

Ao Professor Dr. Volmir Eugênio Wilhelm, pela confiança depositada e contribuições acerca dos métodos e ferramentas utilizadas no desenvolvimento da tese.

Agradeço ao Romulo Oliveira Leite, doutorando em métodos numéricos em Engenharia, com o qual tive o prazer discutir sobre a pesquisa, além de auxiliar-me na operacionalização do software R.

Finalmente, ao Professor, Dr. Armando Vaz Sampaio, pelo qual tenho enorme admiração e gratidão, o meu sincero e cordial agradecimento pela orientação, discussão de alto nível, amizade e por toda a confiança em mim depositada. Ressalto que sou honrado pelos seus ensinamentos e discussões.

Há tanto espaço lá em cima, que é pueril pensar que neste cantinho periférico de uma galáxia das mais banais exista algo especial.

Rovelli

## RESUMO

A eficiência da gestão das prestadoras de serviços de saneamento é o ponto principal das questões regulatórias, isto é, serviços prestados com qualidade no atendimento e universalização do saneamento. O uso de *benchmarking* é comum em ambiente regulado, no qual os reguladores buscam induzir a relação custo-eficiência ou coibir o poder de monopólio de uma empresa ou conjunto de empresas. Diante disso, o que se pretende, neste estudo, é analisar a eficiência do setor de saneamento no Brasil no período de 2004 a 2015. Para atingir o objetivo geral, o estudo se desdobra nos seguintes objetivos específicos: caracterização do setor do saneamento básico no Brasil, especificamente em relação ao abastecimento de água, à coleta e ao tratamento de esgoto; mensuração da eficiência produtiva das empresas de saneamento do Brasil, com uso dos modelos de Fronteira Estocástica de Produção (SFA); determinação da eficiência produtiva do setor de saneamento no Brasil a partir do método Análise Envoltória de Dados (DEA); e análise da trajetória intertemporal de produtividade das empresas, no período entre 2004 e 2015. Os dados e as variáveis consideradas neste trabalho têm origem nas informações correspondentes a 18 Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESB), cujas estruturas são semelhantes, inclusive quanto à natureza jurídica, por exemplo. Quanto às variáveis utilizadas, foram consideradas o *Opex* como *input*, o índice de tratamento de esgoto como *output*, a extensão de rede de água e esgoto e a quantidade de ligações ativas. O *software* adotado para a mensuração da eficiência por meio das técnicas SFA e DEA foi o R. O Índice de Malmquist foi calculado por meio do *software* DEA-SAED. A técnica SFA indicou que, das 18 empresas analisadas, duas podem ser consideradas *benchmark*: a Cagece (CE) e a Sanepar (PR). Em 92% do período analisado, elas podem ser consideradas referências. A Caema (MA) apareceu por cinco anos como eficiente, seguida pela Cosanpa (PA), que apareceu três vezes. A Copasa (MG), Caern (RN) e Agespisa (PI) apareceram uma vez. Das 18 empresas analisadas pela técnica DEA, quatro podem ser consideradas *benchmark*: Cagece (CE), Casal (AL), Sabesp (SP) e Sanepar (PR). No período dos 12 anos verificados, essas empresas apareceram todos os anos como empresas de referência, sendo a eficiência verificada igual a 1. O Índice de Malmquist indicou que, ao longo do período analisado, todas as empresas, em algum momento, obtiveram melhorias na produtividade. Contudo, as empresas mais produtivas foram: Sanepar (PR), Saneago (GO), Compesa (PE), Cedae (RJ) e Cagece (CE). Cabe destacar que o resultado é influenciado, principalmente, pelo efeito deslocamento da fronteira, isto é, pelas mudanças institucionais implementadas no setor de saneamento do Brasil. Os modelos DEA e SFA obtêm estimativas da produtividade a partir de abordagens complementares; a SFA admite uma componente estocástica nos dados, enquanto a DEA é um modelo que supõe apenas a concavidade da função de produção e ignora o ruído aleatório.

**Palavras-chave:** Saneamento Básico; Medidas de Eficiência; Fronteira Estocástica de Produção; Análise Envoltória de Dados, Índice de Malmquist.



## ABSTRACT

The management efficiency of water and sanitation services providers is the key point of the regulatory issues, which means quality in the services provided and universalization of sanitation. The use of benchmarking is common in a regulated environment, in which regulators seek to induce the cost-effectiveness relationship or restrain the monopoly power of a company or group of companies. Considering this, this study aims to analyze the efficiency in the water and sanitation sector in Brazil from 2004 to 2015. To achieve the general objective, the study unfolds into the following specific goals: to characterize the water and sanitation sector in Brazil, specifically relating to water supply and collection and treatment of sewage; to measure the productive efficiency of sanitation companies in Brazil using Stochastic Frontier Analysis (SFA) models; to determine the productive efficiency of the water and sanitation sector in Brazil using Data Envelopment Analysis (DEA) method; and to analyze the intertemporal path of the companies' productivity in the period between 2004 and 2015. The data and variables considered in this study originate from information related to 18 Basic Sanitation State Companies, which have similar structures, including the legal status, for example. The input variable was Opex, and the output variables were sewage treatment index, extension of water and sewage network, and number of active water connections. The software adopted to measure the efficiency through the SFA and DEA techniques was R. The Malmquist Index was calculated with the software DEA-SAED. SFA technique indicated that two of the 18 companies analyzed can be considered benchmarks: Cagece (CE) and Sanepar (PR). In 92% of the analyzed period, they can be considered reference companies. Caema (MA) stood out as efficient for five years, followed by Cosanpa (PA), which emerged as efficient three times. Four of the 18 companies analyzed through DEA technique can be considered benchmarks: Cagece (CE), Casal (AL), Sabesp (SP) and Sanepar (PR). In the period of 12 years under investigation, these companies appeared every year as reference companies, with efficiency equal to 1. The Malmquist Index indicated that, over the period analyzed, all companies at some point achieved productivity improvements. Nevertheless, the most productive companies were: Sanepar (PR), Saneago (GO), Compesa (PE), Cedae (RJ) and Cagece (CE). It should be noted that the result is mainly influenced by the effect of frontier deviation, that is, by the institutional changes implemented in the water and sanitation sector in Brazil. DEA and SFA models obtain estimates of productivity from complementary approaches; SFA admits a stochastic component in the data, while the DEA assumes only the concavity of the production function and ignores random noise.

**Palavras-chave:** Basic Sanitation; Efficiency Measures; Stochastic Frontier Analysis; Data Envelopment Analysis; Malmquist Index.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – EFICIÊNCIA E DOMINÂNCIA.....	48
FIGURA 2 – EFICIÊNCIA DE FARRELL UM <i>INPUT</i> E UM <i>OUTPUT</i> .....	49
FIGURA 3 – EFICIÊNCIA DE FARRELL DOIS <i>INPUTS</i> E DOIS <i>OUTPUTS</i> .....	50
FIGURA 4 – PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO.....	52
FIGURA 5 – FUNÇÃO DE PRODUÇÃO .....	56
FIGURA 6 – TIPOS DE EFICIÊNCIAS.....	58
FIGURA 7 – MÉTODO PARA ESTIMAR A EFICIÊNCIA TÉCNICA E ECONÔMICA POR FRONTEIRAS .....	62
FIGURA 8 – FRONTEIRAS ESTOCÁSTICA E DETERMINÍSTICA DE PRODUÇÃO .....	65
FIGURA 9 – COMPARAÇÃO ENTRE FRONTEIRAS DOS MODELOS BCC E CCR .....	72
FIGURA 10 – MODELOS MATEMÁTICOS E RESPECTIVAS EFICIÊNCIAS .....	73
FIGURA 11 – MODELO DE ORIENTAÇÃO A INSUMO OU PRODUTO .....	74
FIGURA 12 – EMPARELHAMENTO E PROGRESSO TÉCNICO .....	102
FIGURA 13 – FREQUÊNCIA DE EFICIÊNCIA NO PERÍODO 2004 A 2015 .....	131
FIGURA 14 – FREQUÊNCIA DE EFICIÊNCIA TÉCNICA MEDIDA PELA DEA .....	156
FIGURA 15 – EFICIÊNCIA TÉCNICA .....	160
FIGURA 16 – PROGRESSO TECNOLÓGICO .....	162
FIGURA 17 – EFICIÊNCIA INTERTEMPORAL .....	164

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – PALAVRAS-CHAVE UTILIZADAS EM PESQUISAS A PERÍODICOS E ANAIS .....	44
QUADRO 2 – MÉTODOS EM ANÁLISE QUANTITATIVA SOBRE SANEAMENTO (1994-2015).....	45
QUADRO 3 – PRESTADOR DO SERVIÇO POR REGIÃO .....	87
QUADRO 4 – EMPRESAS A SEREM COMPARADAS .....	88

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2015 .....	108
TABELA 2 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2015 (SFA) .....	109
TABELA 3 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2014 .....	110
TABELA 4 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2014 (SFA) .....	111
TABELA 5 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2013 .....	112
TABELA 6 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2013 (SFA) .....	113
TABELA 7 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2012 .....	114
TABELA 8 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2012 (SFA) .....	114
TABELA 9 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2011 .....	115
TABELA 10 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2011 (SFA) .....	116
TABELA 11 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2010 .....	117
TABELA 12 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2010 (SFA) .....	118
TABELA 13 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2009 .....	119
TABELA 14 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2009 (SFA) .....	120
TABELA 15 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2008 .....	121
TABELA 16 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2008 (SFA) .....	122
TABELA 17 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2007 .....	123

TABELA 18 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2007 (SFA) .....	124
TABELA 19 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2006 .....	125
TABELA 20 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2006 (SFA) .....	126
TABELA 21 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2005 .....	127
TABELA 22 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2005 (SFA) .....	128
TABELA 23 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2004 .....	129
TABELA 24 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2004 (SFA) .....	130
TABELA 25 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2015 .....	132
TABELA 26 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2015 .....	133
TABELA 27 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2014 .....	134
TABELA 28 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2014 .....	135
TABELA 29 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2013 .....	136
TABELA 30 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2013 .....	137
TABELA 31 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2012 .....	138
TABELA 32 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2012 .....	139
TABELA 33 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2011 .....	140
TABELA 34 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2011 .....	141
TABELA 35 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2010 .....	142
TABELA 36 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2010 .....	143
TABELA 37 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2009 .....	144
TABELA 38 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2009 .....	145
TABELA 39 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2008 .....	146
TABELA 40 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2008 .....	147
TABELA 41 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2007 .....	148

TABELA 42 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2007 .....	149
TABELA 43 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2006 .....	150
TABELA 44 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2006 .....	151
TABELA 45 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2005 .....	152
TABELA 46 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2005 .....	153
TABELA 47 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2004 .....	154
TABELA 48 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2004 .....	155
TABELA 49 – ÍNDICES DE EFICIÊNCIAS.....	158
TABELA 50 – EFICIÊNCIA TÉCNICA.....	159
TABELA 51 – DESLOCAMENTO DA FRONTEIRA.....	161
TABELA 52 – ÍNDICE DE MALMQUIST .....	163

## LISTA DE SIGLAS

Anpec– Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia

ATS/TO – Agência Tocantinense de Saneamento

BNH – Banco Nacional de Habitação

CESB – Companhias Estaduais de Saneamento Básico

COLS – Corrected Ordinary Least Square

CRS – Constant Returns to Scale

DEA – Data Envelopment Analysis / Análise Envoltória de Dados

DEA-SAED – *Software* de Análise Envoltória de Dados

Depasa/AC – Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento do Acre

DMU – Decision Making Unit

DSBM – Dynamic Slack Based Model

Enaber – Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos

FGTS – Fundo de Garantia por Tempo de Serviço

FMI – Fundo Monetário Internacional

FNSA – Frente Nacional pelo Saneamento Ambiental

Funasa – Fundação Nacional de Saúde

GEE – Generalized Estimating Equation

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas

IPM – Índice de Produtividade de Malmquist

LNSB – Lei Nacional de Saneamento Básico

NWSC – National Water and Sewerage Corporation

OLS – Ordinary Least Square

OMS – Organização Mundial da Saúde

Opex – Operational Expenditure

Planasa – Plano Nacional de Saneamento

PMSB – Planos Municipais de Saneamento Básico

PMSS – Programa de Modernização do Setor de Saneamento

PTF – Produtividade Total dos Fatores de Produção

SAAR – Serviços de Água Portugueses

Saasar – Sistema de Abastecimento de Água de Portugal

Scopus – Base de dados de citações e resumo de literatura revisada

SEDU/PR – Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República

SFA – Stochastic Frontier Analysis / Fronteira Estocástica de Produção

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SNSA – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

Sober – Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural

SUS – Sistema Único de Saúde

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

Unesco – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

Unicef – Fundo das Nações Unidas para a Infância

VRS – Variable Returns to Scale

WHO – World Health Organization



## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1	OBJETIVOS.....	19
1.1.1	Objetivo Geral.....	19
1.1.2	Objetivos Específicos .....	20
1.2	JUSTIFICATIVA.....	22
1.3	CONTRIBUIÇÕES.....	23
1.4	METODOLOGIA.....	24
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	24
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>26</b>
2.1	O SETOR DE SANEAMENTO BÁSICO .....	26
2.2	PANORAMA DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL .....	29
2.3	CARACTERÍSTICAS NACIONAIS DO SANEAMENTO.....	30
2.4	CARACTERÍSTICAS REGIONAIS DO SANEAMENTO .....	32
2.4.1	Índice de atendimento .....	34
2.4.2	Consumo médio de água <i>per capita</i> .....	36
2.4.3	Perdas de água na distribuição .....	37
2.4.4	Tarifas e despesas .....	39
2.4.5	Pessoal: empregos do setor e produtividade.....	40
2.5	ESTUDOS REALIZADOS .....	41
2.6	CONCEITOS E MEDIDAS DE EFICIÊNCIA.....	45
2.6.1	Eficiência de Farrell .....	49
2.6.2	Modelos de produção e tecnologia .....	52
2.6.3	O conjunto de tecnologia .....	53
2.6.4	Extrapolação mínima .....	54
2.7	ANÁLISE DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA: ABORDAGEM PARAMÉTRICA.....	63
2.7.1	Fronteira Estocástica de Produção.....	63
2.7.2	Estudos realizados .....	66
2.8	EFICIÊNCIA PRODUTIVA: ABORDAGEM NÃO PARAMÉTRICA.....	70
2.8.1	Função de produção.....	75

2.8.2	Estudos realizados .....	76
2.9	DINÂMICA DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA AO LONGO DO TEMPO.....	80
2.9.1	Índice de Malmquist.....	81
2.9.2	Estudos realizados .....	82
<b>3.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO .....</b>	<b>85</b>
3.1	FONTE DE DADOS .....	85
3.2	AMOSTRA.....	86
3.3	SELEÇÃO DOS INSUMOS E PRODUTOS.....	89
3.3.1	Perdas .....	92
3.4	SOFTWARE .....	92
3.5	MODELOS UTILIZADOS .....	93
3.5.1	Modelo da função de produção estocástica .....	93
3.5.2	Função de produção determinística.....	96
3.5.3	Orientação ao <i>input</i> e eficiência.....	100
3.5.4	Eficiência intertemporal medidas pelo Índice de Malmquist .....	101
3.5.4.1	Efeito de emparelhamento.....	101
3.5.4.2	Efeito da inovação tecnológica .....	103
3.5.4.3	Decomposição do Índice de Malmquist .....	105
<b>4.</b>	<b>FRONTEIRA ESTOCÁSTICA DE PRODUÇÃO .....</b>	<b>106</b>
4.1	EFICIÊNCIA TÉCNICA MEDIDA POR SFA .....	106
4.1.1	Análise da eficiência das companhias no ano de 2015 .....	108
4.1.2	Análise da eficiência das companhias no ano de 2014 .....	110
4.1.3	Análise da eficiência das companhias no ano de 2013 .....	112
4.1.4	Análise da eficiência das companhias no ano de 2012 .....	113
4.1.5	Análise da eficiência das companhias no ano de 2011 .....	115
4.1.6	Análise da eficiência das companhias no ano de 2010 .....	117
4.1.7	Análise da eficiência das companhias no ano de 2009 .....	119
4.1.8	Análise da eficiência das companhias no ano de 2008 .....	121
4.1.9	Análise da eficiência das companhias no ano de 2007 .....	123
4.1.10	Análise da eficiência das companhias no ano de 2006 .....	125
4.1.11	Análise da eficiência das companhias no ano de 2005 .....	127

4.1.12	Análise da eficiência das companhias no ano de 2004 .....	129
4.1.13	Frequência de eficiências técnicas, medidas pela SFA (2004 a 2015).....	130
<b>5.</b>	<b>ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS.....</b>	<b>132</b>
5.1	EFICIÊNCIA TÉCNICA MEDIDA PELA DEA .....	132
5.1.1	Análise da eficiência das companhias no ano de 2015 .....	132
5.1.2	Análise da eficiência das companhias no ano de 2014 .....	133
5.1.3	Análise da eficiência das companhias no ano de 2013 .....	136
5.1.4	Análise da eficiência das companhias no ano de 2012 .....	138
5.1.5	Análise da eficiência das companhias no ano de 2011 .....	140
5.1.6	Análise da eficiência das companhias no ano de 2010 .....	142
5.1.7	Análise da eficiência das companhias no ano de 2009 .....	143
5.1.8	Análise da eficiência das companhias no ano de 2008 .....	146
5.1.9	Análise da eficiência das companhias no ano de 2007 .....	148
5.1.10	Análise da eficiência das companhias no ano de 2006 .....	150
5.1.11	Análise da eficiência das companhias no ano de 2005 .....	152
5.1.12	Análise da eficiência das companhias no ano de 2004 .....	154
5.1.13	Frequência de eficiências técnicas medidas pela DEA (2004 a 2015) .....	155
<b>6.</b>	<b>EFICIÊNCIA DINÂMICA .....</b>	<b>157</b>
6.1	MUDANÇA DA EFICIÊNCIA TÉCNICA .....	159
6.2	ÍNDICE DE DESLOCAMENTO DA FRONTEIRA.....	161
6.3	ÍNDICE DE MALMQUIST.....	162
<b>7.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>165</b>
7.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	172
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>173</b>
<b>ANEXO</b>	<b>.....</b>	<b>187</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os setores de infraestrutura e economias de redes, no Brasil, vêm passando por intenso processo de reestruturações e discussões. Em especial, o setor do saneamento básico vem ganhando, desde a implementação da Política Nacional de Saneamento<sup>1</sup>, na década de 70, cada vez mais espaço nos debates acadêmicos e governamentais, principalmente nos aspectos relacionados à qualidade e aos preços praticados.

No contexto da Planasa, o assunto ganhou mais importância a partir da promulgação da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, conhecida como Lei Nacional de Saneamento Básico (LNSB) ou Lei de Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico (LDNSB), que, entre outras prerrogativas, considera, em seu artigo 2º, alínea b, a eficiência econômica como um dos princípios fundamentais do serviço público de saneamento. Além disso, no âmbito dos princípios regulatórios, a Lei estabelece que as tarifas praticadas nesse setor devem assegurar tanto o equilíbrio econômico e financeiro dos contratos como a modicidade tarifária<sup>2</sup>, mediante mecanismos que induzam a eficiência e eficácia dos serviços prestados, possibilitando a apropriação social<sup>3</sup> dos ganhos de produtividade.

Apesar de a LNSB considerar a eficiência econômica como um dos princípios fundamentais, verifica-se que as companhias prestadoras do serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário, em sua maioria, ainda não incorporaram a produtividade<sup>4</sup> e a eficiência econômica em seus modelos tarifários, e mesmo aquelas que as incorporaram não são muito transparentes quanto à metodologia adotada. A maioria das companhias ainda utiliza, em seus processos, o mecanismo de tarifa por

---

<sup>1</sup> Delineada no Planasa.

<sup>2</sup> Modicidade tarifária, em um conceito mais enxuto, pode ser entendida como uma tarifa que equilibre o interesse do usuário com o interesse do prestador de serviços, ou seja, uma tarifa justa do ponto de vista do consumidor, cobrando um valor justo pelo serviço prestado, e, na ótica da empresa, que remunere adequadamente o capital investido.

<sup>3</sup> Refere-se ao compartilhamento com a sociedade dos ganhos de produtividade. No caso do saneamento e da energia elétrica, funcionam como um redutor de tarifa, pois concede-se um desconto na tarifa correspondente ao ganho auferido.

<sup>4</sup> Definida por Coelli, Rao e Battese (1998) como a relação entre o produzido e os insumos necessários para a produção. Para esses autores, o crescimento em produtividade é consequência das melhorias em eficiência, via mudanças técnicas ou economias de escala, podendo, ainda, ser resultado de uma combinação desses fatores.

custo (custo do serviço), conforme estabelecido no Planasa em 1971. Esse plano, além de prever uma taxa de remuneração de capital fixada em 12%, não oferece incentivo ou estímulo à eficiência alocativa.

A LNSB, também conhecida como o marco regulatório do setor, diferente do Planasa, objetiva estimular as companhias prestadoras de serviços a atingir níveis de produtividade e eficiência cada vez maiores, resultando em elevação da eficiência alocativa (redução dos custos). Acredita-se que a melhoria da eficiência alocativa pode viabilizar novos investimentos e, conseqüentemente, ganhos de qualidade nos serviços prestados. Nesse aspecto, Oliveira (2004) apresenta características que evidenciam problemas de qualidade de gestão no setor de saneamento básico, que resulta em ineficiência, falhas, falta de cobertura e estruturas de custos elevados, demonstrando que há espaço para melhoria da lucratividade com a gestão de empresas.

Desde a instituição da LNSB, as empresas prestadoras do serviço de saneamento procuram, mesmo que timidamente, adequar-se às normas e exigências regulatórias. Como consequência da Lei, essas empresas buscam atingir objetivos comerciais, com prática de preços dos serviços e salários compatíveis com os do mercado, e, principalmente, procuram adotar padrões de eficiência. Independente da origem do capital (privado, estatal ou misto), a adequação do setor à LNSB conduz as empresas a um processo no qual a eficiência é uma variável decisiva para seu sucesso.

A preocupação com o desempenho<sup>5</sup> do setor é mais antiga que a Lei do Saneamento Básico. Em 1995, foi instituído, dentro Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS), o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), vinculado à Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República (SEDU/PR) e executado com o apoio do Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA). Desde sua instituição, o SNIS passou a ser a principal fonte de informações a orientar o processo de transformação do setor de saneamento básico no Brasil, apoiando a formulação e execução da Política Nacional de Saneamento. Seu conteúdo segrega informações relacionadas ao abastecimento de água e esgotamento sanitário e, mais

---

<sup>5</sup> Neely, Gregory e Platts (1995) descrevem a mensuração de desempenho como um processo de quantificar a ação, em que a medição é o processo de quantificação da eficiência e eficácia e a ação é o objeto gerador do desempenho.

recentemente, aos resíduos sólidos urbanos. As informações disponíveis no SNIS apresentam indicadores de cunho operacional, gerencial e financeiro.

O SNIS apresenta alguns dados sobre o desempenho dos operadores dos serviços de saneamento básico. Não existe um indicador total que permita dizer que esta ou aquela empresa é *benchmark*; antes, o que se observa é que determinada empresa é mais eficiente em determinado assunto e menos em outro. Nesse sentido, a análise de desempenho dos operadores assume relevância, permitindo o *benchmarking*<sup>6</sup> entre os sistemas de saneamento de diferentes países ou região, o qual é determinante como ferramenta de apoio ao processo regulatório e à tomada de decisões, bem como à definição de estratégias por parte dos agentes. No contexto interno, esse tipo de análise permite o *benchmarking* entre operadores, estimulando ganhos de eficiência.

O *benchmarking* é uma sistemática de comparação da performance de uma companhia em relação a outras. No sentido mais amplo, é a comparação da produção entre entidades, que podem constituir-se como empresas, organizações, divisões, indústrias e projetos, entre outras formas. A ideia subjacente é comparar entidades que transformam algum tipo de insumo em produtos ou serviços. O uso de *benchmarking* é comum em ambiente regulado, no qual os agentes reguladores buscam induzir a relação custo-eficiência, ou para coibir o poder de monopólio de uma empresa ou conjunto de empresas.

Os objetivos da avaliação do desempenho podem ou não estar relacionados à maximização do retorno financeiro. Por exemplo, nos setores públicos, não é facilmente verificado o custo-benefício de ofertar determinado serviço. No entanto, o estudo de *benchmarking* tem se demonstrado eficiente, pois esta técnica pode associar, além da questão financeira, mais de uma questão do sistema econômico, como a aprendizagem, coordenação e motivação. A informação resultante do *benchmarking* pode ser usada com diversos propósitos gerenciais: planejamento, coordenação, motivação, avaliação e educação (SIMONS, 2000).

---

<sup>6</sup> Spendolini (1993) define o *benchmarking* como um processo contínuo e sistemático para avaliar produtos, serviços e processos de trabalho de organizações que são reconhecidas como representantes das melhores práticas, com a finalidade de melhoria organizacional.

Bogetoft e Otto (2011) destacam que o estudo de *benchmarking* é resultante de uma combinação de duas ciências tradicionais: uma tem origem na ciência da administração, na programação matemática e na pesquisa operacional; a outra tradição de pesquisa tem um cunho mais econômico. A primeira linha é uma classe voltada para abordagens de modelos de DEA, enquanto a perspectiva econômica está mais orientada para a econometria.

Quanto à prática de *benchmarking*, Lindau, Costa e Sousa (2001) definem-na como um processo contínuo e sistemático utilizado para investigar o resultado, em termos de eficiência e eficácia, de unidades com processos e técnicas comuns de gestão. Assim, o *benchmarking* é um parâmetro de comparação entre o desempenho de empresas, processos, produtos, serviços e práticas (CAMP, 1993; 1998; SPENDOLINI, 1993). Além disso, de acordo com Camp (1998), o *benchmarking* identifica processos, práticas e métodos gerenciais para avaliar um ambiente competitivo, de modo que se estabelece um monitoramento contínuo para garantir a descoberta das melhores práticas<sup>7</sup> exercidas por outras empresas.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Diante desse cenário, o objetivo principal deste estudo é estimar a eficiência do setor de saneamento no Brasil, no período de 2004 a 2015, por meio de três técnicas.

---

<sup>7</sup> É o conjunto de práticas de gestão e de trabalho de um grupo de empresas similares, que resultam no potencial mais elevado de produção ou na quantidade ótima de combinações dos produtos para dado nível fixo de combinações de insumos.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, o estudo se desdobra nos seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar o setor do saneamento básico no Brasil, especificamente em relação ao abastecimento de água, à coleta e ao tratamento de esgoto;
- Mensurar a eficiência produtiva das empresas de saneamento do Brasil, com o uso dos modelos de Fronteira Estocástica de Produção (SFA);
- Determinar a eficiência produtiva do setor de saneamento no Brasil a partir do método de fronteira de produção não paramétrica, Análise Envoltória de Dados (DEA).
- Analisar a trajetória da produtividade<sup>8</sup> das empresas, no período entre 2004 e 2015, estimando o índice de variação da produtividade total dos fatores de Malmquist e decompondo-o em variação da eficiência técnica e variação tecnológica.

No sentido mais amplo, este estudo busca contribuir nos aspectos relacionados às técnicas de mensuração de eficiência para as empresas e, principalmente, para os reguladores, no sentido de apresentar modelos e técnicas que suportem a avaliação da eficiência relativa de unidades produtivas no setor de saneamento.

O setor de saneamento básico é abordado na literatura como indústria de monopólio natural, com diferentes empresas servindo diferentes áreas de concessão. Essa característica de mercado significa que qualquer consumidor só pode comprar os serviços de distribuição necessários de um único fornecedor. Isso pode levar as companhias à prática de custos ineficientes<sup>9</sup> ou lucros excessivos<sup>10</sup> e à obtenção de qualidade aquém da desejada, uma vez que os operadores dos serviços não estão

---

<sup>8</sup> Medida de desempenho produtivo de um plano de operação que compara a produção com o consumo.

<sup>9</sup> Ocorre quando a produção de bens e serviços não é realizada da melhor maneira possível. Assume-se a hipótese de que possa existir uma melhor combinação de insumos ou de técnica que implique em menor custo de produção; custo eficiente.

<sup>10</sup> Como exemplo, pode-se citar a remuneração do capital superior às remunerações do mercado.



sujeitos a uma pressão competitiva para redução dos custos, obtenção de preços mais baixos e melhora da qualidade.

Em muitos países, o regulador é autorizado a interferir nas operações e, em particular, nas tarifas que essas empresas praticam. Para uma tomada de decisão dessa magnitude, o regulador carece de informações sobre os custos. No entanto, diferentemente da empresa regulada, o regulador não dispõe de informações quanto ao regulado, e isso pode conduzir o regulador a adotar alguma medida sem ter a informação completa.

Aliados a todos estes possíveis problemas, um regulador não conhece todas as ações da empresa regulada. Sem pleno conhecimento, o regulador se defronta com limitações na regulação de tarifas. As empresas reguladas detêm mais informação sobre a gestão de suas respectivas áreas de concessão do que o regulador. O regulador pode conferir os custos efetivamente incorridos pela empresa, mas não tem como avaliar o grau de esforço despendido pela empresa para obtenção de melhores níveis de eficiências. Caso o regulador adote medidas de determinação de tarifas arbitrariamente, sem o real conhecimento dos custos, pode ferir o princípio da sustentabilidade econômica e financeira da companhia, ou, então, cobrar valores superiores aos devidos pelo usuário.

No entanto, para mitigar as “arbitrariedades”, o regulador pode adotar métricas sem mesmo conhecer, por exemplo, a acuracidade e os detalhes dos custos de produção. Portanto, para determinar os custos eficientes<sup>11</sup> dos prestadores de serviços sob sua jurisdição, o regulador pode recorrer aos métodos de *benchmarking*.

Tais métodos identificam ou estimam a fronteira de desempenho eficiente da melhor prática em uma amostra de empresas. Essa fronteira é a referência para a medida de performance das empresas. De acordo com Carbajal (2015), os principais métodos de *benchmarking* são *Data Envelopment Analysis* (DEA), *Corrected Ordinary Least Square* (COLS), e *Stochastic Frontier Analysis* (SFA). Ressalta-se que o método DEA é baseado em técnicas de programação linear, enquanto o COLS e o SFA são técnicas estatísticas.

---

<sup>11</sup> Trata-se de custos resultantes da combinação da melhor técnica e da melhor alocação dos recursos.

Pela razão exposta, optou-se por duas técnicas para a estimação e avaliação dos custos operacionais: 1) Comparação por Fronteira Estocástica de Produção (SFA); 2) Estimação de uma fronteira média de eficiência a partir da metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA).

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A Lei Federal 11.445/2007 apresenta, em seus artigos 29 a 39, definições e diretrizes para que os serviços de saneamento básico tenham a sustentabilidade econômico-financeira assegurada, sempre que possível, mediante remuneração pela cobrança desses serviços. A Lei ainda deixa clara a função social do saneamento e que se deve assegurar a sustentabilidade econômica para garantir a prestação de serviços públicos com qualidade e com tarifas módicas. Por módica, entende-se como a tarifa adequada à capacidade de pagamento do usuário e com remuneração adequada do capital do acionista. Por remuneração adequada, entende-se aquela suficiente para cobrir os custos dos serviços e ainda proporcionar certo percentual de rentabilidade ao concessionário ou acionista, no mínimo igual a dada taxa do custo de oportunidade, como, por exemplo, a taxa Selic.

O trabalho justifica-se em virtude da necessidade, para o setor e para a sociedade, de uso de técnicas de mensuração de eficiência para determinação de tarifas módicas, ou seja, tarifas que representem dois vetores: 1) ao prestador, a justa remuneração pela prestação dos serviços; e 2) ao usuário, a justa tarifa pela prestação dos serviços. Portanto, a aplicação dessas técnicas vai ao encontro da diretriz principal da Lei do Saneamento Básico, cuja atenção central é a modicidade tarifária, que carrega uma relação intrínseca com a eficiência.

### 1.3 CONTRIBUIÇÕES

Apesar de a LNSB já estar em vigor desde 2007, poucas empresas se adequaram aos regimes regulatórios. Existe um movimento muito forte, por parte dos poderes concedentes, os municípios, a sociedade e os sócios privados para que as empresas se adequem às práticas regulatórias. No cerne da Lei 11.445, está a busca pela eficiência. Diante disso, o trabalho se propõe a contribuir com o setor, apresentando três possíveis técnicas que suportam a mensuração da eficiência.

No caso do Brasil, há alguns estudos que utilizaram as técnicas de Fronteira Estocástica de Produção e Análise Envolvória de Dados na mensuração da eficiência do setor. Contudo, nenhum adotou a variável percentual de esgoto tratado, considerada de extrema relevância nos estudos. Dado que essa variável tem cobertura tarifária para execução do tratamento, e caso a empresa não faça o tratamento, esta pode ser beneficiada como empresa eficiente, por ter um custo menor; no entanto, ela não prestou o serviço adequadamente, de modo que utilizar a variável esgoto coletado não justifica o custo, dado que o custo é inerente ao tratamento. De todos os trabalhos verificados, nenhum deles abordou o percentual de esgoto tratado.

O uso dessas técnicas permite a mensuração da trajetória da eficiência no tempo, de modo a permitir estabelecer a dinâmica da eficiência. Verifica-se que, no Brasil, há evidências de apenas dois trabalhos sobre o assunto, os quais, conforme apresentando no referencial teórico, têm orientação ao produto; portanto, difere do que se propõe neste estudo.

Ainda sobre esse aspecto, cabe citar o estudo de Moreira e Fonseca (2005), que, ao compararem técnicas de mensuração de produtividade, destacam que a medida da produtividade técnica ou econômica tem muitas aplicações: reguladores utilizam medidas de produtividade para desenhar mecanismo de incentivo em setores regulados, e analistas utilizam-nas para descrever, de forma comparativa, o estado de um segmento de atividades.

## 1.4 METODOLOGIA

O estudo tem como ponto de partida um conjunto de 18 companhias estaduais sobre as quais serão aplicados os estudos. Inicialmente, será realizada a caracterização do saneamento básico no Brasil; em seguida, apresenta-se o modelo de Fronteira Estocástica de Produção; na sequência, expõe-se o modelo de Análise Envoltória de Dados; e, por fim, analisa-se a eficiência dinâmica das empresas por meio do Índice de Malmquist.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

A partir dessas técnicas precedentemente mencionadas, avalia-se o setor do saneamento no Brasil. Especificamente, o trabalho está dividido em oito capítulos, assim delineados:

- O capítulo 1, correspondente à introdução, apresenta a definição e a contextualização do setor de saneamento na ótica da Lei do Saneamento Básico, cuja discussão central é a eficiência, e expõe os objetivos e a justificativa do estudo.
- O capítulo 2 apresenta o referencial teórico acerca dos conceitos e técnicas aplicáveis à mensuração da eficiência, assim como os estudos já realizados sobre o saneamento no Brasil.
- O capítulo 3 apresenta os aspectos metodológicos, a caracterização da pesquisa, as técnicas adotadas, a descrição dos modelos de mensuração da eficiência, a fonte dos dados, a amostra utilizada, a seleção dos *inputs* e *outputs*, o *software* utilizado e a formalização dos modelos utilizados.
- O capítulo 4 descreve o panorama do saneamento básico no Brasil, isto é, aspectos como consumo médio, perdas de água na distribuição, tarifas e despesas e quantitativo de pessoal empregado no setor

- O capítulo 5 destina-se à aplicação da técnica de Fronteira Estocástica de Produção (SFA), a fim de mensurar a eficiência das empresas de saneamento básico do Brasil, observando o horizonte de 2004 a 2015.
- O capítulo 6 mensura a eficiência das empresas de saneamento no Brasil para o período de 2004 a 2015, a partir da adoção da técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA).
- O capítulo 7 apresenta a eficiência das empresas no tempo, em termos de produtividade total dos fatores, resultante da eficiência técnica e mudança tecnológica.
- O capítulo 8 sintetiza as considerações acerca dos objetivos deste estudo. Fazem-se considerações acerca dos resultados encontrados e das particularidades das técnicas empregadas.

Realizada esta introdução sobre o assunto a que este estudo se propõe discutir, e apresentados os temas a serem abordados, parte-se para os desdobramentos do estudo, orientados para o cumprimento do objetivo maior. Para isso, torna-se imperativa a apresentação do referencial teórico que dá sustentação a este estudo.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção apresenta alguns conceitos básicos que sustentam as técnicas e o assunto a ser investigado. Inicialmente, aborda a temática do saneamento básico, expondo as principais definições sobre o assunto. Na sequência, explora a literatura sobre a análise de desempenho para o setor, passando pelos conceitos de produtividade e eficiência. Também faz uma abordagem teórica acerca das técnicas e dos estudos realizados para o setor que fizeram uso da Análise Envoltória de Dados (DEA), da Fronteira Estocástica de Produção (SFA) e da Técnica de Eficiência Dinâmica, conhecida como Índice de Malmquist.

### 2.1 O SETOR DE SANEAMENTO BÁSICO

A água é um bem essencial à sobrevivência na Terra e, por ser um recurso natural finito de uso comum dos povos, não deve ser desperdiçada nem utilizada de forma indiscriminada. A água é utilizada para diversas atividades relacionadas à vida humana, como, por exemplo, para uso doméstico, geração de energia, irrigação, navegação e lazer. A alternativa para equacionar a escassez foi dotar à água um valor econômico e, assim, garantir a efetiva gestão de seu uso.

Diante dos problemas decorrentes da escassez de água no mundo, que atualmente assombra os principais Estados brasileiros, cabe destacar que o saneamento é fundamental para as condições de saúde e produtividade das pessoas. Um trabalhador saudável é mais produtivo e, conseqüentemente, mais capacitado a auferir maior rendimento. Além disso, o saneamento é necessário tanto para a moradia quanto para as atividades econômicas.

Em termos globais, um grande número de pessoas continua sem acesso a abastecimento de água potável e saneamento. De acordo com dados compilados pela *World Health Organization* (WHO) e pela *United Nations Children's Fund* (Unicef), por meio do Programa Conjunto de Monitoramento do Abastecimento de Água e Saneamento

(WHO; UNICEF, 2012), em 2010, 783 milhões de pessoas usavam fontes não apropriadas para suprir suas necessidades de água potável.

O saneamento básico assume várias facetas. Rodrigues (2011) é sucinto ao agregar ao saneamento quatro serviços: rede de abastecimento de água; rede coletora de esgoto; manejo de resíduos sólidos; e manejo de águas pluviais. A Fundação Nacional de Saúde amplia um pouco mais o conceito de saneamento para a perspectiva ambiental, definindo-o como o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar salubridade ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural (FUNASA, 2006).

No contexto do Programa Conjunto de Monitoramento do Abastecimento de Água e Saneamento (WHO; UNICEF, 2012), o saneamento básico é definido como a tecnologia de custo mínimo capaz de garantir o controle de fatores do meio físico que possam exercer efeitos deletérios sobre a saúde do ser humano, incluindo o esgotamento sanitário higiênico e a destinação dos resíduos de esgoto, para que tanto o indivíduo gerador quanto sua vizinhança seja conservada limpa e saudável. Para a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2006), o acesso à água deve proporcionar melhor qualidade de vida às pessoas, facilitando o uso na alimentação, higiene e prevenção de doenças.

Quanto à importância do saneamento básico, Borja e Moraes (2005) destacam que o saneamento é uma meta comum diante de sua essencialidade à vida humana e à preservação do meio ambiente. Os autores evidenciam seu caráter público e o dever do governo de promovê-lo de modo a constituir um bem social que integra políticas públicas e sociais. A persistência da problemática do saneamento no quadro da saúde, especialmente em países em desenvolvimento, tem forte ligação com o fato de que a população socioeconomicamente mais vulnerável é justamente aquela excluída dos benefícios do desenvolvimento, o que evidencia que países com melhores coberturas por saneamento e abastecimento de água possuem populações mais saudáveis.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) destaca que o direito ao saneamento e à água se confunde com o direito ao meio ambiente e à qualidade de vida, com vista ao acesso à própria cidadania e à diminuição das desigualdades na sociedade. Na esteira da definição do saneamento a partir dos conceitos mais amplos à definição da tecnologia de custos mínimos, este estudo assume que os serviços do saneamento básico são caracterizados pela presença de falhas de mercado<sup>12</sup>, sendo a existência de monopólio natural a que mais se destaca, uma vez que condiciona, de forma significativa, a qualidade do serviço e o interesse dos utilizadores.

Apresentadas as definições para saneamento, e antes de entrar nas questões de mensurações de eficiências, cabe destacar que o modelo de regulação que antecedeu a Lei do Saneamento Básico foi marcado por fortes críticas. Faria, Faria e Moreira (2005) chamaram a atenção para os caminhos que o setor estava trilhando, alegando que a ausência de um modelo adequado de regulação poderia comprometer a prestação de serviços de longo prazo. Isso ocorreria porque as falhas de mercado possibilitavam a participação do setor privado de forma desorientada e desregulamentada, o que comprometeria o futuro do setor caso nada fosse feito em relação a essa questão.

Em virtude de diversas críticas ao modelo de regulação da época, em 2007, com a promulgação da Lei de Diretrizes Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007), foram apresentadas diversas mudanças no sistema regulatório do setor. Entre essas mudanças, no cerne da Lei, estava a análise de desempenho, que se apresentou como uma forma de redução da ineficiência de custos. A Lei definiu a eficiência e a avaliação da gestão na prestação dos serviços de saneamento básico como pontos centrais de suas diretrizes e critérios. A eficiência das prestadoras de serviços de saneamento é o ponto principal das questões regulatórias verificadas na respectiva Lei, ou seja, dos aspectos de qualidade no atendimento e universalização.

Por todo o exposto, acredita-se que é de interesse dos diferentes agentes do setor da água a melhoria da eficácia e da eficiência de suas atividades. Contudo, trata-se de

---

<sup>12</sup> Meirelles (2010) define as falhas de mercado como falhas associadas a um bem público que decorrem do fato de este não ser competitivo, isto é, ter poder de monopólio. Trata-se de práticas de custos ineficientes.



uma tarefa difícil, pois a produção de água e o esgotamento sanitário dependem de diversas variáveis, muitas delas exógenas ao próprio setor (ESTACHE; KOUASSI, 2002).

## 2.2 PANORAMA DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

O objetivo deste capítulo é apresentar o panorama do saneamento básico no Brasil, abordando as principais características do setor nos contextos nacional e regional, tais como consumo médio, tarifas e despesas por região e quantidade de pessoal empregado no setor. Apesar de as perdas não serem escopo das mensurações das eficiências, pelos motivos já apresentados, serão feitas comparações entre as regiões sobre esse aspecto.

Iniciado em 1968, mas efetivamente formulado e desenvolvido em 1971, o Plano Nacional de Saneamento (Planasa) surgiu como estratégia capaz de superar as frustrações dos planos anteriores, que não passavam de esforços isolados e descontínuos. Por outro lado, havia expansão da demanda decorrente do processo acelerado de urbanização. Cabe a ressalva de que, apesar de o Brasil possuir características de maiores reservas hídricas do mundo, a abundância não significa acesso universal à água própria para o consumo, nem a saneamento, segundo publicação de 2014 do Ministério das Cidades e da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA).

De 1970 até meados da década de 1980, o governo federal, por meio do Planasa, incentivou a criação das Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESB), que, por sua vez, foram as executoras do plano. Os recursos para as CESB eram oriundos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS), e eram transferidos pela União por meio do Banco Nacional de Habitação (BNH).

Com o Planasa e a criação das CESB, a maioria dos municípios concederam a prestação de serviços às CESB por meio de contratos de concessão com duração média de 20 a 25 anos. Segundos dados do SNIS (2015), existem 23 CESB responsáveis pelo atendimento de 4.030 municípios. Isso representa um índice de 72% de todos os municípios brasileiros. Assim, constitui-se como o maior segmento no setor.

## 2.3 CARACTERÍSTICAS NACIONAIS DO SANEAMENTO

O Brasil tem 2,8% da população mundial e 12% da água doce do planeta. Augusto et al. (2012) destacam que essa condição situa o Brasil na quinta posição em reservas hídricas do mundo. Apesar de abundante, o potencial hídrico está mal distribuído, pois 70% dessa água está na Bacia Amazônica, onde a densidade populacional é a menor do país. Por outro lado, no Nordeste, onde vive 30% da população, existe apenas 5% da água doce do país. Os autores atribuem o aumento da escassez de água de qualidade a fatores como alta densidade populacional, poluição, agricultura, indústria energético-intensiva e desmatamento.

Nas regiões Sul e Sudeste do país, onde vive cerca de 60% da população, dispõe-se de 12,5% de água doce, ficando os restantes 20% circunscritos ao abastecimento das áreas do território brasileiro, onde se concentra 95% da população. A crise de abastecimento de água já é uma realidade brasileira, e seus efeitos já podem ser observados em diversas localidades. Em 2014, a crise hídrica se intensificou e penalizou boa parte da população brasileira.

No caso do Brasil, apesar de conter as maiores reservas hídricas do mundo, a abundância não significa acesso universal à água própria para o consumo, nem a saneamento, segundo publicação do Ministério das Cidades e SNSA (2014).

Em 2015, o SNIS coletou informações sobre abastecimento de água em 5.088 municípios, referente a uma população urbana de 169 milhões de habitantes, o que reflete uma representatividade de 91% em relação ao total de municípios e 98% em relação à população urbana do Brasil. Para esgotamento sanitário, a quantidade de municípios é de 3799, e a população urbana, de 158,9 milhões de habitantes, uma representatividade de 68% em relação ao total de municípios e de 92% em relação à população urbana do Brasil.

O SNIS (2015) aponta um contingente de população urbana atendida por redes de água igual a 157,2 milhões de habitantes, o que representa um incremento de novos 83 mil habitantes atendidos, crescimento de 0,5% na comparação com 2014. Quanto ao índice de atendimento, observam-se valores bastante elevados nas áreas urbanas das

cidades brasileiras, com uma média nacional de 93%, com destaque para as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, em que os índices médios são de 98%, 97% e 96%, respectivamente.

Dados do IBGE (2015) indicam que a população no Brasil totalizou 204 milhões de habitantes. O diagnóstico do Ministério das Cidades, no mesmo ano, aponta que aproximadamente 80% da população possui rede de água. Se considerar que a população atendida se refere à urbana, o índice de população urbana atendida sobe para 94%. Em relação ao atendimento por redes de esgotos, o contingente de população urbana atendida alcança 101 milhões de habitantes, que, em comparação com a população total, representa aproximadamente 49% da população atendida. Se for considerada apenas a população urbana, o índice médio de atendimento é de 58%.

Do ponto de vista ambiental, a falta de tratamento resulta em poluentes jogados diretamente na água ou processados em tanques sépticos desregulados, com graves consequências para a qualidade dos recursos hídricos, bem como para o bem-estar da população. Do ponto de vista econômico, o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos de 2016 (UNESCO, 2016) priorizou como tema a relação entre a disponibilidade desse recurso e a geração de empregos.

Além disso, Macedo e Schuntzemberger (2015) apontam que cada R\$ 1 bilhão investido em saneamento básico gera, nos setores de indústria, comércio e serviços, o equivalente a outros R\$ 3,1 bilhões. Os autores chamam a atenção para o fato de que investir em saneamento é investir em saúde e no desenvolvimento sustentável dos municípios, com geração de emprego e renda.

Segundo dados da SNSA, os serviços de água e esgotos na economia, em 2015, medidos pela movimentação financeira dos investimentos, receitas operacionais e despesas, totalizaram R\$ 105 bilhões, um crescimento de 5% comparado com o ano anterior. No mesmo relatório, o diagnóstico apresenta que a geração de empregos desse setor alcançou 858 mil empregos diretos em todo o país, sendo 213 mil nas atividades diretas de prestação dos serviços e 645 mil gerados pelos investimentos. Em relação ao ano anterior, os empregos diretos diminuíram em 2,5%.

A partir do relatório de 2015 do SNIS, foram selecionadas algumas informações que permitem identificar uma caracterização global dos sistemas de água e esgoto dos prestadores de serviços participantes do SNIS naquele ano, segundo informações selecionadas apresentadas na TABELA 11.

TABELA 1 – INFORMAÇÕES GLOBAIS DO SISTEMA DE SANEAMENTO NO BRASIL

<b>Informação</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor</b>
População total atendida com abastecimento de água (AG001)	Hab.	164.765.593
Quantidade de ligações de água (AG021)	Unid.	53.400.652
Quantidade de economias residenciais ativas (AG013)	Unid.	55.295.118
Extensão da rede de água (AG005)	Km	602.408
Volume de água produzido (AG006)	Mil m <sup>3</sup>	15.381.099
Volume de água consumido (AG010)	Mil m <sup>3</sup>	9.723.650
População total atendida com esgotamento sanitário (ES001)	Hab.	99.425.658
Quantidade de ligações de esgotos (ES009)	Unid.	28.988.889
Quantidade de economias residenciais ativas (ES008)	Unid.	32.800.089
Extensão da rede de esgotos (ES004)	Km	284.041
Volume de esgoto coletado (ES005)	Mil m <sup>3</sup>	5.186.706
Volume de esgoto tratado (ES006)	Mil m <sup>3</sup>	3.805.022

FONTE: SNIS (2015)

Verifica-se que, em termos globais, 81% da população brasileira é atendida com abastecimento de água. Já com relação ao esgotamento sanitário, apenas 49% da população é atendida com esse serviço.

## 2.4 CARACTERÍSTICAS REGIONAIS DO SANEAMENTO

O SNIS, Água e Esgoto, possui as seguintes famílias de informações: Gerais; Contábeis (exceto autarquias e administração pública direta); Operacionais (água e esgoto); Financeiras; Qualidade (nível municipal); Pesquisa sobre sistemas alternativos (somente locais); Tarifas; e Informações sobre Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Além disso, a partir dessas informações, são calculados e disponibilizados alguns indicadores que compõem as seguintes famílias: Econômico-financeiros e

administrativos; Operacionais (água e esgoto); Contábeis (apenas empresas); e Qualidade (nível municipal).

O SNIS define o prestador de serviço como a instituição responsável pela administração e operação dos sistemas e serviços. Para o SNIS, a classificação pode ser companhia estadual, empresa microrregional ou local, autarquia, ou prefeitura diretamente, por meio de um departamento ou secretaria municipal. Em suma, classifica-se da seguinte forma, segundo a abrangência do fornecimento:

- **Regional** – atende a considerável número de municípios no mesmo estado, limítrofes uns dos outros ou não;
- **Microrregional** – atende a dois ou mais municípios limítrofes uns dos outros no mesmo estado;
- **Local** – atende a um único município;

Para o ano de 2015, o fornecimento do serviço de saneamento no Brasil estava distribuído da seguinte forma:

TABELA 2 – PRESTADORES DE SERVIÇOS SEGUNDO A ABRANGÊNCIA

Prestadores de serviços	
<b>Regional</b>	28
<b>Microrregional</b>	6
<b>Local</b>	1408
<b>Total</b>	1442

FONTE: SNIS (2015)

A TABELA mostra a distribuição dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2015, que responderam aos formulários, segundo a abrangência e algumas características do atendimento.

Os prestadores de serviços, além da abrangência mencionada, classificam-se no SNIS, também, pelas diferentes formas de organização jurídica, conforme a distribuição apresentada na TABELA 3.

TABELA 3 – NATUREZA JURÍDICA DOS PRESTADORES DE SERVIÇOS

Abrangência	Natureza jurídica					
	Administração Direta	Autarquia	Sociedade Economia Mista	Empresa Pública	Empresa Privada	Organização Social
<b>Regional</b>	0	2	24	1	1	0
<b>Microrregional</b>	0	3	0	0	3	0
<b>Local</b>	902	408	7	4	85	2
<b>Total</b>	<b>902</b>	<b>413</b>	<b>31</b>	<b>5</b>	<b>89</b>	<b>2</b>

FONTE: SNIS (2015)

Verifica-se, na TABELA 3, que os prestadores de serviços de abrangência regional são, em sua grande maioria, sociedades de economia mista, num total de 24 (86%). Além dessas, existem ainda duas autarquias (Depasa/AC e ATS/TO), uma empresa privada (Saneatins/TO) e uma empresa pública (Copanor/MG). Já com relação aos prestadores de serviços de abrangência microrregional, há três autarquias e três empresas privadas. E, finalmente, os prestadores de serviços locais são compostos por 65,9% de administração pública direta, 29% de autarquias, 6% de empresas privadas e 0,8% para as demais naturezas jurídicas.

Para o cálculo dos índices de atendimento com fornecimento de água e coleta de esgoto, o SNIS adota a população atendida, informada pelos prestadores de serviços, e a população total residente, estimada pelo IBGE. Já para o cálculo dos índices de atendimento urbano, a população urbana residente no ano é estimada pelo SNIS com base no percentual de população urbana do último Censo demográfico.

#### 2.4.1 Índice de atendimento

Os indicadores médios de atendimento com água e esgoto de 2015 são apresentados no sítio eletrônico do SNIS segundo a distribuição das regiões geográficas e a média do Brasil, conforme TABELA 4, para os seguintes índices:

- IN016 – Índice de tratamento de esgoto
- IN023 – Índice de atendimento urbano de água
- IN024 – Índice de atendimento urbano de esgoto referente aos municípios atendidos com água
- IN046 – Índice de esgoto tratado em relação à água consumida

- IN055 – Índice de atendimento total de água
- IN056 – Índice de atendimento total de esgoto referente aos municípios atendidos com água

TABELA 4 – ÍNDICE DE ATENDIMENTO POR ÁGUA E ESGOTO NO BRASIL

Região	Índice de atendimento com rede (%)				Índice de tratamento dos esgotos (%)	
	Água		Coleta de esgoto		Esgoto gerados	Esgoto tratado
	Total	Urbano	Total	Urbano	Total	Total
	(IN055)	(IN023)	(IN056)	(IN024)	(IN046)	(IN016)
<b>Norte</b>	56,9	69,2	8,7	11,2	16,4	83,9
<b>Nordeste</b>	73,4	89,6	24,7	32,2	32,1	78,5
<b>Sudeste</b>	91,2	96,1	77,2	81,9	47,4	67,8
<b>Sul</b>	89,4	98,1	41,1	47,5	41,4	94,3
<b>Centro-Oeste</b>	89,6	97,4	49,6	54,7	50,2	92,6
<b>Brasil</b>	<b>83,3</b>	<b>93,1</b>	<b>50,3</b>	<b>58,0</b>	<b>42,7</b>	<b>74,0</b>

FONTE: SNIS (2015)

Os índices de atendimento com rede apresentados na TABELA 4 são calculados para o conjunto de municípios cujos prestadores de serviços responderam ao SNIS em 2015. Com base na TABELA 4, é possível verificar o desvio no atendimento por água e esgoto, conforme apresentado na TABELA 5.

TABELA 5 – O SANEAMENTO POR REGIÃO E A MÉDIA NACIONAL

Região	Atendimento regiões em relação à média Nacional					
	Água		Coleta de esgoto		Esgoto gerados	Esgoto tratado
	Total	Urbano	Total	Urbano	Total	Total
	(IN055)	(IN023)	(IN056)	(IN024)	(IN046)	(IN016)
<b>Norte</b>	-32%	-26%	-83%	-81%	-62%	13%
<b>Nordeste</b>	-12%	-4%	-51%	-44%	-25%	6%
<b>Sudeste</b>	9%	3%	53%	41%	11%	-8%
<b>Sul</b>	7%	5%	-18%	-18%	-3%	27%
<b>Centro-Oeste</b>	8%	5%	-1%	-6%	18%	25%
<b>Brasil</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

FONTE: SNIS (2015)

Em relação ao indicador médio nacional de abastecimento total de água, verifica-se que as regiões Norte e Nordeste estão aquém da média nacional. Ao analisar somente as regiões urbanas, constata-se que, apesar de ainda estarem abaixo da média, reduz-se a distância em relação à média nacional.

Quanto à coleta de esgoto, verifica-se que os números estão muito abaixo da média nacional, inclusive nas regiões Sul e Centro-Oeste, que também estão abaixo da média. Constata-se que este indicador é puxado apenas pela região Sudeste, possivelmente em virtude do adensamento urbano.

O indicador de esgoto gerado e coletado mostra que as regiões Norte e Nordeste geram uma quantidade menor que a média nacional se comparadas com as regiões Sudeste e Centro-Oeste. Outra avaliação que se faz é sobre a coleta e tratamento: nas regiões Norte, Nordeste e Sul, gera-se menos esgoto que a média nacional, mas se coleta mais que a média nacional.

#### 2.4.2 Consumo médio de água *per capita*

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2013) estabelece que o consumo mínimo de água *per capita* é de 100 litros diários. Segundo a OMS, esse volume é suficiente para uma pessoa saciar a sede, ter uma higiene adequada e preparar os alimentos.

Nessa perspectiva, o SNIS entende que o consumo médio é a média diária consumida por um indivíduo, dos volumes utilizados para satisfazer os consumos doméstico, comercial, público e industrial. Para o SNIS, trata-se de uma informação importante para as projeções de demanda, para o dimensionamento de sistemas de água e de esgotos e para o controle operacional.

A TABELA mostra os valores médios *per capita* encontrados para as regiões do Brasil no ano de 2015 e a média dos três anos anteriores (2013, 2014 e 2015), apresentando as variações do último ano em relação à média dos últimos três anos para o indicador:

- IN022 – Consumo médio diário *per capita* de água / habitante



TABELA 6 – CONSUMO *PER CAPITA* DE ÁGUA DIÁRIO

<b>Estado / Região</b>	<b>IN022 – Média últimos 3 anos</b>	<b>IN022 – Ano 2015</b>	<b>Variação – Média / 2015</b>
Norte	155,3	154,3	-0,7%
Nordeste	125,3	116,1	-7,4%
Sudeste	192,2	176,0	-8,4%
Sul	150,9	148,7	-1,5%
Centro-Oeste	158,7	148,8	-6,3%
<b>Brasil</b>	<b>165,3</b>	<b>154,0</b>	<b>-6,8%</b>

FONTE: SNIS (2015)

Na TABELA 6, verifica-se que, nos últimos três anos (considerando-se o ano de 2015), apenas a região Sudeste apresentou consumo acima da média nacional. Para o ano de 2015, a região Norte e Sudeste ficou acima da média. No entanto, verifica-se que as regiões Nordeste e Sudeste tiveram redução no consumo superior à média nacional. A variação negativa no consumo acontece também nas demais regiões.

#### 2.4.3 Perdas de água na distribuição

Os sistemas de abastecimento de água sempre apresentam, por menor que seja, alguma perda, o que pode ser considerado como aceitável. Por outro lado, quando são elevadas, as perdas podem impactar diretamente na tarifa e, além disso, representam desperdício de recursos naturais, operacionais e de receita para o prestador de serviços. Dessa forma, os custos decorrentes das perdas devem ser monitorados pelo regulador, bem como devem ser impostas trajetórias de minimização.

As perdas estão divididas em aparentes e reais. As do primeiro tipo são também conhecidas como perdas comerciais e estão relacionadas ao volume de consumo efetivo do usuário. As perdas aparentes decorrem de problemas relacionados a medições de hidrometragem, erros de leituras, fraudes, falhas de calibração de hidrômetros, ligações clandestinas, falhas de cadastro comercial, etc. As perdas reais, também entendidas como perdas físicas, referem-se à diferença entre toda a água produzida e a disponibilizada ao consumidor. Essas perdas estão associadas a rompimentos de adutoras, vazamentos (redes, ramais, conexões, reservatórios), utilização de águas pelo

corpo de bombeiro, utilização de água para procedimentos operacionais como lavagem de filtros, entre outros aspectos.

Os elevados índices de perdas apresentados pelo SNIS indicam a necessidade de atuação de melhoria na gestão da produção e distribuição a fim de garantir a sustentabilidade da prestação de serviço. O índice de perdas para as regiões do Brasil é apresentado na TABELA 7, por meio do seguinte indicador:

- IN049 – Índice de perdas na distribuição

Para calcular o índice médio de perdas, foram utilizados apenas os municípios que apresentaram perdas. Se forem listados os municípios no SNIS com a característica jurídica “Local Direito Público”, verifica-se que muitos municípios não apresentam perdas, o que, na prática, é impossível. Portanto, para não viesar este índice, optou-se por desconsiderar aqueles elementos cujos índices eram iguais a 0 (zero).

TABELA 7 – ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Região	Tipo do prestador de serviço					
	Regional	Microrregional	Local Direito Público	Local Direito Privado	Local Empresa Privada	Total
	%					
Norte	52,8	-	31,0	-	49,0	47,9
Nordeste	48,2	-	32,3	8,4	39,9	46,9
Sudeste	32,9	22,9	31,7	29,8	35,8	32,6
Sul	35,0	26,0	22,9	49,0	35,2	33,4
Centro-Oeste	34,2	42,2	31,2	-	37,8	34,2
Brasil	40,6	30,4	29,8	29,1	39,5	39,0

FONTE: SNIS (2015)

A TABELA 7 apresenta os valores médios de perdas para o Brasil segundo o tipo do prestador de serviço. A partir dos dados, não é possível inferir se um tipo de prestador é mais eficiente que outro no combate às perdas. Porém, é possível tecer algumas considerações: por exemplo, na categoria de prestador regional, as regiões Norte e Nordeste possuem índices de perdas bem superiores aos verificados na média nacional. Já os índices das regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste estão abaixo da média nacional.

As regiões Norte e Nordeste não possuem prestador microrregional, categoria na qual se verifica que a região Centro-Oeste incorre em perdas superiores à média nacional. Na categoria de prestador local, observa-se divergência: o prestador local de direito público é mais eficiente no Sul, e o prestador local de direito privado é mais eficiente no Nordeste, não havendo esse tipo de prestador no Norte e Centro-Oeste.

A empresa privada de nível local é mais eficiente nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste. Em suma, no contexto global, as regiões Norte e Nordeste elevam o índice de perdas, e as regiões Sudeste, Sul, e Centro-Oeste se encontram abaixo da média nacional.

#### 2.4.4 Tarifas e despesas

As tarifas, em geral, são o único meio que as companhias possuem para o financiamento das atividades (operacionais, redução de perdas, etc.), investimentos e retorno do capital.

A TABELA 8 apresenta os valores verificados no SNIS para a despesa total média com os serviços e para a tarifa média dos prestadores de serviços em 2015, distribuídos por regiões geográficas, apenas para as companhias estaduais. Para essa medida, utilizaram-se os seguintes indicadores:

- IN003 – Despesa total com os serviços por m<sup>3</sup> faturado
- IN004 – Tarifa média praticada por m<sup>3</sup> (água e esgoto)

TABELA 8 – TARIFA E DESPESA MÉDIA PRATICADA

Região	Tarifa média	Despesa total média
	IN004 (R\$/m <sup>3</sup> )	IN003 (R\$/m <sup>3</sup> )
Norte	2,38	4,85
Nordeste	3,19	3,63
Sudeste	3,09	2,80
Sul	4,08	4,10
Centro-Oeste	3,96	4,37
<b>Brasil</b>	<b>3,34</b>	<b>3,95</b>

FONTE: SNIS (2014)

Os dados da TABELA mostram que as tarifas médias praticadas nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste são inferiores à média nacional. Outro fato relevante diz respeito à despesa total dessas regiões: segundo o SNIS (2015), apenas o Sudeste pratica tarifa superior às da despesa total, e as regiões Sul e Centro-Oeste praticam tarifas superiores à média nacional.

#### 2.4.5 Pessoal: empregos do setor e produtividade

O SNIS (2015) aponta que, no período de 2015, a quantidade total de trabalhadores envolvidos diretamente com a prestação dos serviços foi de 216.864 mil, incluídos nesse total os postos de trabalho de 146.924 mil empregados próprios dos prestadores de serviços e 68,9 mil resultantes das atividades terceirizadas, conforme a TABELA 9. Os indicadores utilizados para este cálculo são:

- IN018 – Quantidade equivalente de pessoal total
- FN026 – Quantidade total de empregados próprios

Para o cálculo de produtividade de pessoal, o SNIS utiliza a quantidade de ligações ativas (água + esgoto) dividida pela quantidade equivalente de pessoal total. Os indicadores utilizados para a mensuração da produtividade são:

- IN018 – Quantidade equivalente de pessoal total
- IN102 – Índice de produtividade de pessoal total (equivalente)

TABELA 9 – QUANTITATIVO DE TRABALHADORES E PRODUTIVIDADE

Região	Total de trabalhadores empregados	Ligações por empregado segundo a abrangência				
		Regional	Microrregional	Local – Direito Público	Local – Direito Privado	Local – Empresa Privada
Norte	9.515	216,8	-	133,8	-	372,9
Nordeste	43.883	351,8	-	221,9	225,9	-
Sudeste	110.939	445,0	183,0	246,2	252,2	231,3
Sul	34.516	361,1	188,3	200,3	215,5	200,1
Centro-Oeste	18.011	387,2	300,6	230,2	-	231,3
<b>Brasil</b>	<b>216.864</b>	<b>391,4</b>	<b>187,1</b>	<b>231,3</b>	<b>245,1</b>	<b>244,1</b>

FONTE: SNIS (2015)

A TABELA mostra que o total de empregados diretos no setor de saneamento em 2015 foi de 217 mil, com a região Sudeste apresentando o maior volume de empregados, e a região Norte, o menor.

Quanto à produtividade, verifica-se que, na abrangência regional, a média de produtividade é de 391 ligações por empregado. Nesse quesito, o Norte apresenta a maior produtividade, enquanto a região Sudeste apresenta o pior resultado. Em termos microrregionais, a média nacional foi de 187 ligações por empregado, e para essa abrangência, o Sudeste apresentou o melhor resultado, enquanto o Centro-Oeste registrou o pior resultado. Para a abrangência local de direito público, a média nacional foi de 231 ligações, quesito em que o Norte apresentou a melhor produtividade, e o Sudeste, o pior resultado. Quanto ao local de direito privado, a média nacional foi de 245 ligações, registrando-se o melhor resultado no Sul, e o pior, no Sudeste. Por fim, no que concerne à abrangência local de empresa privada, a média nacional foi de 244 ligações, registrando-se o melhor resultado no Sul, e o pior, no Norte.

## 2.5 ESTUDOS REALIZADOS

Referente ao capítulo do saneamento básico, o objetivo maior é apresentar as características do saneamento no Brasil e, especificamente, tecer considerações a respeito das características regionais, a saber: o consumo médio, tarifas e despesas por região, e quantidade de pessoal empregado no setor.

No estudo sobre a evolução da cobertura dos serviços de saneamento básico no Brasil a partir da década de 1970 até 2004, Saiani, Toneto Junior e Dourado (2013) consideram as seguintes variáveis regionais, municipais e domiciliares: (i) região geográfica; (ii) porte do município (tamanho da população); (iii) taxa de urbanização do município; (iv) localização do domicílio (rural ou urbano); e (v) renda domiciliar mensal. Essa análise permitiu avaliar: (i) se as características do déficit de acesso domiciliar eram recentes ou já existiam em 1970; e (ii) se estava ocorrendo uma convergência dos índices de acesso domiciliar. Além disso, os autores averiguaram qual tipo de política pública

adotada para o setor gerou investimentos capazes de atingir as localidades mais necessitadas.

As análises realizadas por Saiani, Toneto Junior e Dourado (2013) apontam a existência de um sério déficit de acesso aos serviços de saneamento básico no Brasil, déficit que se distribui de maneira desigual pelo país. Considerando algumas características regionais, municipais e domiciliares, os autores observaram que, em algum tipo de serviço e em determinado momento, a distribuição desigual do acesso se agravou, mas, no período como um todo (1970 a 2004), ocorreu uma pequena convergência dos indicadores, principalmente na década de 1990.

Sousa e Costa (2011) estudaram a ação coletiva e veto em política pública, no caso do saneamento no Brasil no período de 1998 a 2002, procurando identificar os atores, as agendas e os interesses presentes nessa coalizão setorial. Segundo os autores, em 1999, em busca de recursos para debelar ou minimizar a crise fiscal, o governo federal comprometeu-se junto ao Fundo Monetário Internacional (FMI) com a privatização do setor de saneamento básico e outros serviços públicos. Na ocasião, o governo propôs o Projeto de Lei nº 4.147/01 como o marco regulatório que daria a segurança necessária aos investidores interessados na concessão das empresas públicas estaduais de saneamento. Contra essa iniciativa, houve uma coalizão de interesse setorial, que se mobilizou para vetar a proposta de privatização: a Frente Nacional pelo Saneamento Ambiental (FNSA). O estudo demonstra que esse movimento atuou decisivamente como instância de veto, limitando os efeitos do acordo firmado com o FMI sobre a política de saneamento do Brasil no período analisado.

Scriptore e Toneto Junior (2012) compararam o desempenho dos provedores públicos e privados de serviços de saneamento básico no Brasil. Utilizaram os dados do SNIS de 2010 a partir de uma estimativa em *cross-section* para uma amostra de 4.930 municípios brasileiros. Os resultados não forneceram evidências fortes de que determinado grupo seja superior a outro na maior parte dos indicadores. Dado que os grupos revelaram superioridade em indicadores específicos, eles propuseram o desenho de uma política que considerasse diversas modalidades de gestão e provisão como possível solução para o desafio de universalizar os serviços no país.

Ainda com relação à atuação de empresas públicas ou estatais, Sousa e Costa (2013) demonstram que a posição de dominância das empresas estaduais de saneamento condiciona o processo decisório da política pública setorial no Brasil. No estudo, os autores descreveram o processo de aprovação da Lei do Saneamento Básico nº 11.445/2007, a qual estabeleceu o atual regime regulatório da indústria. Concluíram que o novo arranjo institucional, a partir da Lei, preservou a hegemonia das empresas estaduais de saneamento, e essa hegemonia poderia ser associada à baixa responsabilização das decisões de investimento e ampliação de cobertura do setor.

Teixeira et al. (2014) desenvolveram um estudo do impacto das deficiências do saneamento básico sobre a saúde pública, no Brasil, no período de 2001 a 2009. Nessa pesquisa, os autores verificaram que os óbitos resultantes de doenças relacionadas ao saneamento básico inadequado corresponderam, em média, a 13.449 mortes por ano, ou seja, cerca de 1,31% do total. A média anual de casos de notificação compulsória devido a doenças relacionadas a saneamento básico inadequado foi de 466.351 casos, com uma despesa de R\$ 30.428.324,92 em consultas médicas nesse período. Os autores identificaram uma média anual de 758.750 internações hospitalares devido a deficiências do saneamento básico, resultando em uma despesa total de R\$ 2,11 bilhões no período. A despesa total com consultas médicas e internações hospitalares devido a doenças associadas ao saneamento básico consumiu 2,84% dos gastos do Sistema Único de Saúde (SUS) nesse intervalo de tempo.

Murtha, Castro e Heller (2015) avaliaram, sob a perspectiva histórica, os fatores que induziram ou influenciaram as primeiras políticas públicas de saneamento e de recursos hídricos no Brasil. Esse estudo parte da interpretação histórica brasileira de autores como Celso Furtado e Caio Prado Júnior e suas perspectivas sobre a posição periférica do país no sistema econômico global. Na perspectiva dos autores, a política de saneamento se desenvolveu em consonância com iniciativas e interesses europeus na área e que, em diferente sentido, as políticas de recursos hídricos emergiram da necessidade de regular o uso da água.

O estudo proposto por Pertel, Azevedo e Volschan Junior (2016) analisou o uso de indicadores de perdas para seleção de um *benchmarking* entre as companhias

estaduais de serviço de distribuição de água no Brasil. Nesse estudo, os autores verificaram que, para o ano-base de 2010, dentre as 22 companhias estaduais analisadas, somente Cagece, do Ceará, Saneatins, do Tocantins, e Sanepar, do Paraná, apresentaram, de forma consistente, resultados compatíveis aos valores de *benchmarking* propostos para os indicadores operacionais de desempenho.

Reis et al. (2016) mapearam, selecionaram e analisaram as principais características do perfil da produção científica nacional e internacional acerca do saneamento, para o período de 1994 a 2015. Os achados indicaram 153 trabalhos que versavam sobre saneamento. A pesquisa se deu por meio de mapeamento das produções acadêmicas disponíveis nos periódicos da Capes, nos anais de eventos nacionais (Anpec, Enaber e Sober), nos bancos de dados e nos indexadores *Scopus* e *Web of Science*. A busca ocorreu nos idiomas português, inglês, francês e espanhol, por meio de 17 palavras-chave que poderiam estar contidas em títulos, resumos, palavras-chave e textos dos periódicos.

QUADRO 1 – PALAVRAS-CHAVE UTILIZADAS EM PESQUISAS A PERÍODICOS E ANAIS

<b>Português</b>	<b>Inglês</b>	<b>Espanhol</b>	<b>Francês</b>
Saneamento	Sanitation	Saneamiento	Assainissement
Esgoto	Sewer	Servicios de alcantarillado	Eaux usées
Esgotamento	Exhaustion	Agotamiento	Épuisement
Abastecimento de água	Water supply	Abastecimiento de agua	Approvisionnement en eau
Distribuição de água	Water distribution	Distribución de agua	Distribution d'eau
Qualidade da água	Water quality	La calidad del agua	Qualité de l'eau
Serviço da água	Service water	Servicio de agua	Eau de service
Mortalidade infantil	Child mortality	Mortalidad infantil	La mortalité infantile
Estrutura sanitária	Health structure	Estructura de la Salud	Structure de la santé
Água contaminada	Contaminated water	El agua contaminada	L'eau contaminée
Saneamento básico	Basic sanitation	Saneamiento	assainissement
Tratamento de esgotos	Sewage Treatment Plants	Tratamiento de aguas residuales	Usine de traitement des eaux usées
Cólera	Cholera	El cólera	Choléra
Hepatite infecciosa	Infectious hepatitis	La hepatitis infecciosa	Hépatite infectieuse
Febre tifoide	Typhoid fever	Fiebre tifo	Fièvre typhoïde
Leptospirose	Leptospirosis	La leptospirosis	Leptospirose
Diarreia	Diarrhoea	diarrea	Diarrhée

FONTE: Reis et al. (2016)



O universo verificado pelos autores foi de 153 artigos científicos sobre economia e saneamento no período de 1994 a 2015. Quanto à aplicação de métodos quantitativos, o estudo verificou o constante do quadro a seguir:

QUADRO 2 – MÉTODOS EM ANÁLISE QUANTITATIVA SOBRE SANEAMENTO (1994-2015)

<b>Método</b>	<b>Concepção</b>	<b>Número de aplicações</b>
Estatístico	Exposição quantitativas por meio de instrumental básico: Frequências, médias, correlação, taxas, entre outros.	26
Matemáticos	Aplicações de técnicas matemáticas: equações, funções, matrizes, entre outros.	11
Regressões	Cálculo de regressões lineares: simples ou multiplicas	47
Dados em painel	Combinações entre séries temporais e <i>cross-section</i> .	10
Diferenças em diferenças	Estimação realizadas por meio da utilização de grupo de tratamento e grupo de controle.	7
DEA	Técnica quantitativa para medir a eficiência relativa, ou produtividade das empresas	10
SFA	Técnica quantitativa de modelagem para estimar a fronteira de produção das empresas	3

FONTE: Reis et al. (2016)

Os autores ainda destacaram que, à medida que o setor evolui, as pesquisas tendem a acompanhar esse movimento do setor, e que, além disso, a comunidade científica tem aumentado a preocupação com o desenvolvimento econômico sustentável. Quanto à aplicação das técnicas SFA e DEA, observa-se que há dominância do método *Data Envelopment Analysis* (DEA) em grande parte devido a sua flexibilidade na função de produção e no tratamento da característica intrínseca de multiproduto do setor.

## 2.6 CONCEITOS E MEDIDAS DE EFICIÊNCIA

No domínio da teoria da produção, tem-se os conceitos de eficiência técnica, eficiência alocativa e eficiência de escala, bem como os conceitos mais avançados, como eficiência dinâmica e estruturais. Vários desses conceitos podem ser operacionalizados

de maneiras diferentes. Podem, por exemplo, medir a eficiência técnica em termos de espaço de entrada<sup>13</sup>, espaço de saída<sup>14</sup>, ou ambos os espaços<sup>15</sup>.

Houaiss (2001) define a eficiência como a virtude ou característica de conseguir o melhor rendimento com o mínimo de erros, dispêndio de insumos, tempo, recursos financeiros. Lovell (1993) conceitua a produtividade como um indicador que mede o quanto uma *Decision Making Unit* (DMU) consegue produzir, em termos de quantidade de produtos, com determinada quantidade de insumo. O autor ainda destaca que a eficiência produtiva<sup>16</sup> de uma DMU resulta da comparação entre os valores, observado e ótimo, em relações insumo-produto (produtividade).

Soares de Mello et al. (2005) apontam que a eficiência compara o que foi produzido, dado os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos. Portanto, a eficiência pode ser compreendida como a comparação dos resultados alcançados com os recursos utilizados. Quanto mais resultados obtidos para determinada quantidade de recursos disponíveis, maior a eficiência organizacional.

Farrell (1957), Varian (1990) e Shirota (1995) contribuem com a proposição da composição da medida de eficiência. Para esses autores, uma produção é eficiente tecnologicamente se não existir outra forma variável de produzir mais com a mesma quantidade de fatores ou produzir a mesma quantidade de produtos utilizando menor quantidade de fatores.

Outro conceito definido na microeconomia é a eficiência econômica, que pode ser dividida em duas componentes: técnica e alocativa. A eficiência técnica é a capacidade de a empresa obter o máximo de produto, dada a quantidade de fatores disponível. A eficiência alocativa é a capacidade de a empresa utilizar os fatores de produção em proporção ótima, minimizando os custos de produção (FARRELL 1957; SHIROTA, 1995). Esses dois tipos de ineficiências, em geral, coexistem em uma empresa.

---

<sup>13</sup> Orientação ao insumo.

<sup>14</sup> Orientação ao produto.

<sup>15</sup> Orientação ao insumo-produto.

<sup>16</sup> Definida como a habilidade de escolher o plano de produção de operação viável, cuja produtividade é a maior dentre os planos de operação viáveis, sendo essa produtividade medida em termos dos preços de mercado dos insumos e dos produtos.

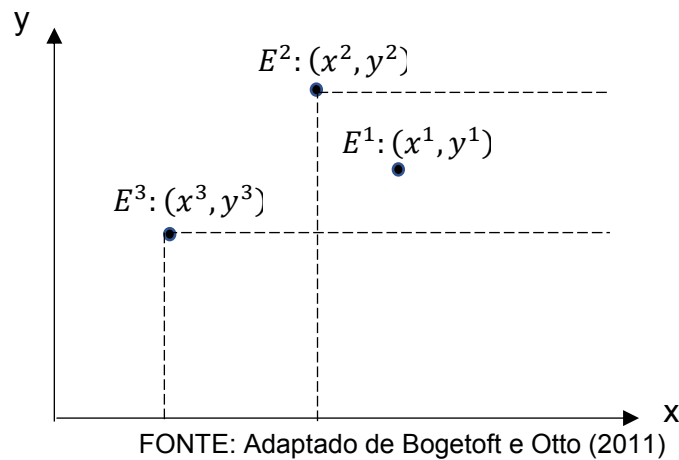
Para Tauile e Debaco (2002), uma empresa é economicamente eficiente se conseguir, ao mesmo tempo, maximizar os lucros, minimizar os custos e maximizar a satisfação dos consumidores. Segundo Azambuja (2002), a eficiência produtiva está ligada à habilidade de evitar desperdícios, ou seja, à habilidade de produzir tantos produtos quanto o uso dos insumos permitir. A eficiência alocativa está relacionada à habilidade de alocar, da melhor maneira possível, os recursos econômicos disponíveis no processo produtivo. Em outras palavras, a eficiência alocativa é a componente da eficiência econômica que mede se determinado recurso está sendo utilizado, economicamente, de maneira ótima. Uma DMU só apresentará eficiência econômica se for tecnicamente eficiente, isto é, se produzir sem desperdícios e se conseguir alocar seus recursos de maneira a minimizar seus custos totais ou maximizar o lucro obtido.

Ao focar na eficiência de determinada empresa, pode-se descrever a formalização do problema da seguinte maneira: uma empresa  $k$  utiliza  $m$  *insumos*  $x^k = (x_1^k, \dots, x_m^k) \in \mathbb{R}_+^m$  para produzir  $n$  *outputs*  $y^k = (y_1^k, \dots, y_n^k) \in \mathbb{R}_+^n$ . O conjunto de planos de produção viável ou a combinação de *inputs-outputs* disponíveis para a empresa  $k$  é dado pela tecnologia ou pelo conjunto de possibilidade de produção  $T$ ,  $T = \{(x, y) \in \mathbb{R}_+^n \times \mathbb{R}_+^m \mid x \text{ pode produzir } y\}$ .

A eficiência está associada a uma questão de utilização de menor quantidade de insumos para produzir maior quantidade de produtos. Por exemplo, numa situação com duas empresas  $(x^1, y^1)$  e  $(x^2, y^2)$ , diz-se que a empresa 2 domina ou é mais eficiente que a empresa 1 se não utilizar mais insumo para produzir no mínimo a mesma quantidade de produtos e é estritamente dominante se é melhor em pelo menos uma dimensão. Ou seja, diz-se que  $(x^2, y^2)$  domina  $(x^1, y^1)$  se e somente se  $x^2 \leq x^1$ ,  $y^2 \geq y^1$ , e  $(x^1, y^1) \neq (x^2, y^2)$ .

A dominância permite classificar parcialmente empresas. Algumas empresas podem ser comparadas, enquanto outras não o podem.

FIGURA 1 – EFICIÊNCIA E DOMINÂNCIA



A FIGURA 1 ilustra uma situação em que a empresa 2 domina ou é mais eficiente que a empresa 1, enquanto a empresa 3 não domina nem é dominada pela empresa 1 ou 2. A noção de dominância é relevante, pois todos preferem um plano de produção mais eficiente ou dominante a um menos eficiente. Dessa maneira, a empresa 2 seria considerada um ponto de referência para a empresa 1 em termos de uso de poucos recursos para obtenção de saídas superiores às da empresa 1. Portanto, para que a empresa 2 seja mais eficiente que a empresa 1, é necessário que o produto esteja aumentando enquanto a quantidade de insumos é reduzida.

Na teoria econômica, as empresas eficientes são aquelas que não são dominadas por outras (BOGETOFT; OTTO, 2011). Para determinar quais empresas são eficientes, é necessário descrever todas as empresas possíveis. Para determinado conjunto de tecnologia  $T$ , a eficiência pode ser definida da seguinte forma:  $(x, y)$  é eficiente em  $T$  se e somente se não pode ser dominado por algum  $(x', y') \in T$ .

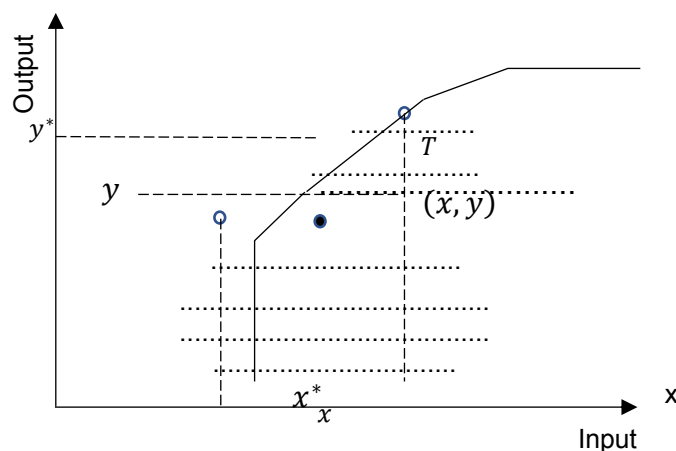
O subconjunto eficiente de  $T$ ,  $T^E$  é  $T^E = \{(x, y) \in T | (x, y) \text{ é eficiente em } T\}$ . O subconjunto eficiente  $T^E$  de  $T$  são as combinações de entradas e saídas que não podem ser melhoradas; ou seja, o subconjunto eficiente representa as melhores práticas.

### 2.6.1 Eficiência de Farrell

Farrell (1957) define a eficiência de uma empresa como a função de sua capacidade de minimizar custos por unidade produzida. A eficiência de Farrell baseada em *inputs*, ou apenas a eficiência de *entradas* de um plano  $(x, y)$  relativo à tecnologia  $T$ , é definida como  $E = \min\{E > 0 | (Ex, y) \in T\}$ , isto é, a contração proporcional máxima de todas as entradas  $x$  que permitem produzir  $y$ . Dessa forma, se  $E = 0,7$ , significa que é possível reduzir 0,3 em todas as entradas e mesmo assim produzir as mesmas saídas. Do mesmo modo, a eficiência de produção de Farrell é definida como:  $F = \max\{F > 0 | (x, Fy) \in T\}$ , isto é, a expansão proporcional máxima de todas as saídas dadas as entradas disponíveis  $x$ . Assim, um  $F = 1,2$  significa que se poderia expandir a produção em 20% sem precisar de quantidades de insumos adicionais.

Para exemplificar, pode-se supor que, para produzir determinado produto ( $y$ ), seja utilizado apenas um insumo ( $x$ ); logo, o que se deseja é demonstrar que é possível decrescer o uso de insumos de ( $x$ ) para ( $x^*$ ) sem perder a produção:

FIGURA 2 – EFICIÊNCIA DE FARRELL UM INPUT E UM OUTPUT

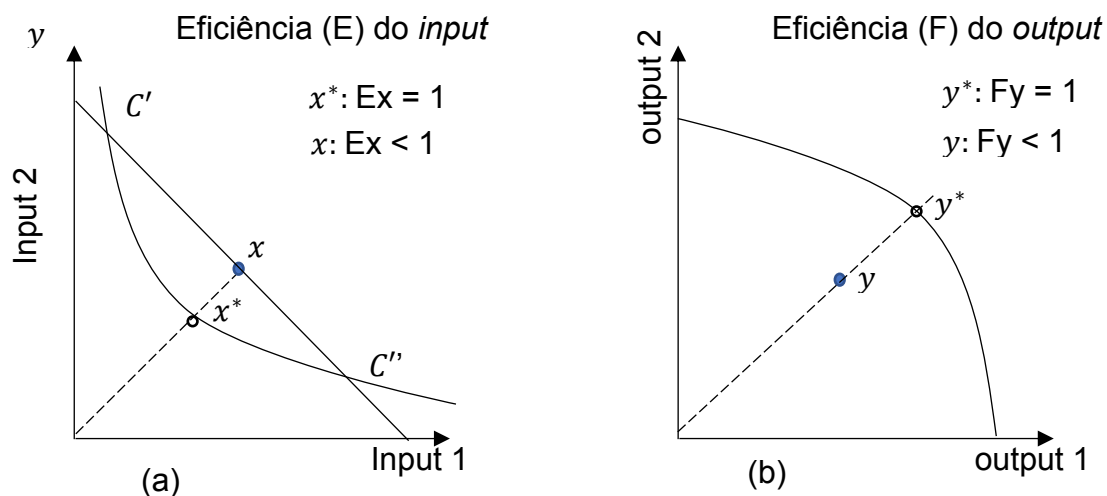


FONTE: Bogetoft e Otto (2011)

A partir da FIGURA 2, verifica-se que é possível aumentar a produção de  $y$  para  $y^*$  sem usar mais recursos; logo, tem-se:  $E = \frac{x^*}{x}$ ,  $F = \frac{y^*}{y}$ .

Contudo, na prática, é muito rara a existência de empresas que produzem apenas um produto com apenas um insumo. As situações com múltiplos insumos e múltiplos produtos se assemelham às de dois insumos e dois produtos, conforme demonstração a seguir:

FIGURA 3 – EFICIÊNCIA DE FARRELL DOIS *INPUTS* E DOIS *OUTPUTS*



FONTE: O autor (2017)

O painel (a) apresenta a isoquanta dos *inputs* correspondente ao nível de *outputs* que a empresa está produzindo. O painel (b) representa a isoquanta das saídas correspondente às entradas que a empresa está utilizando. A contração e expansão do uso de algum insumo ou produção correspondem a movimentos ao longo da linha tracejada, em ambos os painéis.

A eficiência das entradas é calculada como o menor número  $E$ , que, multiplicado por  $x$ , permanece sobre ou acima da isoquanta. No entanto, o ponto acima da isoquanta  $x$ , por exemplo, representado pela combinação linear dos pontos  $C'C''$ , é um ponto de

ineficiência<sup>17</sup>, pois utiliza quantidades maiores de insumos, comparadas com as quantidades usadas nos pontos que estão sobre a isoquanta. Da mesma forma, a eficiência dos *outputs* é calculada como o maior número  $F$ , que, multiplicado por  $y$ , permanece sobre ou abaixo da isoquanta. Portanto, para entradas acima e sobre a isoquanta, e para saídas abaixo e sobre a isoquanta, tem-se  $E \leq 1$  e  $F \geq 1$ , respectivamente.

A TABELA 10 procura exemplificar a aplicação desses conceitos. Os dados hipotéticos representam cinco empresas que utilizam dois insumos para produzir dois produtos.

TABELA 10 – SITUAÇÃO HIPOTÉTICA COM DOIS INSUMOS E DOIS PRODUTOS

Empresa	Insumo A	Insumo B	Produto C	Produto D
1	5	10	10	10
2	10	5	20	10
3	10	15	30	40
4	15	15	40	30
5	15	10	18	5

FONTE: O autor (2017)

Supondo que a empresa 5 é a empresa com a qual se deseja a comparação, em termos de eficiência no uso de insumos, apenas as empresas 1 e 2 se qualificam, pois as empresas 3 e 4 utilizam muito do insumo B. Na ótica do produto, a empresa 1 produz menos. Resta, portanto, a empresa 2, que produz em maior quantidade tanto o produto C quanto D, comparada com a empresa “padrão”. Logo, esta é a única empresa que pode ser comparada segundo o critério de empresa dominante.

Ao comparar a empresa “padrão” com a empresa 2, verifica-se que a empresa 5 poderia reduzir a quantidade de insumo A num fator de  $\frac{10}{15} = 0,667$ , e o insumo B, num fator de  $\frac{5}{10} = 0,5$ . Como tem de reduzir os insumos em ambas as dimensões, reduz-se o menor fator de redução possível, que é  $\frac{10}{15} = 0,667$ .

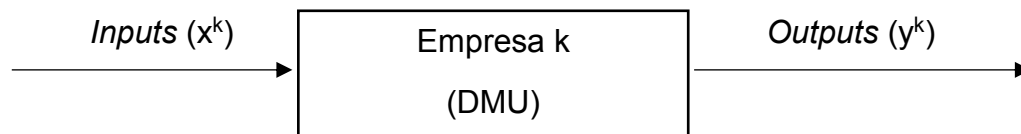
<sup>17</sup> A ineficiência técnica orientada a insumo é resultado da utilização inadequada, isto é, excessiva dos insumos (FERREIRA; GOMES, 2009).

Considerando a eficiência em termos de produção C, a empresa 5 poderia expandir um fator de  $\frac{20}{18} = 1,111$ ; comparando-se com o produto D, poderia expandir um fator de  $\frac{10}{5} = 2$ . De forma análoga à orientação ao insumo, o que se deseja é a maior expansão do produto em todas as dimensões, então deve-se estabelecer o fator de crescimento de  $\frac{20}{18} = 1,111 = 2$ , que é a menor expansão possível.

### 2.6.2 Modelos de produção e tecnologia

A tecnologia mostra como os insumos podem ser transformados em produtos, como os insumos podem ser substituídos um pelo outro e como os produtos dependem dos insumos. Uma empresa pode ser pensada como uma DMU que escolhe um plano de produção, ou seja, uma combinação de insumos e produtos. Nessa perspectiva, uma empresa serve para transformar insumos em produtos, conforme ilustrado na figura a seguir.

FIGURA 4 – PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO



FONTE: O autor (2017)

A representação de um conjunto de empresas pressupõe a mesma apresentada na FIGURA 4, porém, assume-se que há  $K$  empresas sendo  $k = 1, \dots, K$ , cada empresa usando  $m$  entradas para produzir  $n$  saídas.

Geralmente, denotam-se os insumos para a empresa  $k$  como o vetor  $(m)$ , sendo que  $x^k = (x_1^k, \dots, x_m^k) \in \mathbb{R}_+^m$ , e os produtos da empresa  $k$  como o vetor  $(n)$ , sendo que



$y^k = (y_1^k, \dots, y_m^k) \in \mathbb{R}_+^n$ . Portanto, o plano de produção da empresa  $k$  é um par de vetores de entradas e saídas dado por  $(x^k, y^k) \in \mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+^n$ .

Os sobrescritos denotam as empresas, e os subscritos, os diferentes tipos de insumos e produtos. Quando não há subscritos, consideram-se todos os insumos ou produtos em um formato de vetor.

Usam-se  $\mathbb{R}_+ = \{a \in \mathbb{R} | a \geq 0\}$  e  $\mathbb{R}_{++} = \{a \in \mathbb{R} | a > 0\}$  e assume-se que tanto as entradas quanto as saídas são não negativas, isto é, são positivas ou zero. O ponto de partida para este estudo é o conjunto de dados de  $K$  empresas na forma de produtos  $(y^1, \dots, y^K)$  e insumos  $(x^1, \dots, x^K)$ . As entradas e saídas correspondentes para as diferentes empresas podem ser representadas da seguinte forma:

TABELA 11 – DADOS HIPOTÉTICOS

Empresa	Entrada	Saída
1	$x^1$	$y^1$
2	$x^2$	$y^2$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$K$	$x^K$	$y^K$

FONTE: O autor (2017)

A TABELA 11 apresenta os dados hipotéticos de um conjunto de empresas: 1, ...,  $K$ , sendo que cada empresa utiliza um insumo para produzir um produto.

### 2.6.3 O conjunto de tecnologia

A ideia geral, no *benchmarking*, é de que as empresas comparadas possuem uma técnica subjacente comum, definida pela metodologia de produção ou capacidade de produção  $T$ :

$$T = \{(x, y) \in \mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+^n | x \text{ pode produzir } y\} \quad (1)$$

A tecnologia é determinada pelo ambiente social, técnico, mecânico, químico e biológico em que o processo de produção ocorre. Em muitas aplicações, o conjunto de possibilidades de produção subjacente (ou seja, a tecnologia) é desconhecido. Portanto, é necessário estimar o conjunto de tecnologia com base em pontos de dados observados e depois avaliar a produção observada de uma empresa em relação à tecnologia estimada. Assumir que os dados são precisos e que não há elementos aleatórios envolvidos na produção significa que as observações reais devem pertencer a  $T$ , isto é,

$$(x^k, y^k) \in T, \text{ onde } k = 1, \dots, K \quad (2)$$

O conjunto de dados é:

$$T = \{(x^1, y^1), \dots, (x^K, y^K)\} \quad (3)$$

O modelo também pode ser expresso de forma que a tecnologia  $T$  seja o conjunto de  $(x, y)$  valores para os quais existe um  $k$  tal que  $(x, y) = (x^k, y^k)$ .

A literatura pressupõe que a eficiência técnica pode ser medida por meio de duas abordagens distintas: com orientação a *inputs* ou com orientação a *outputs*. Carmo e Távora Junior (2003) defendem que, nos serviços públicos, há a tendência de usar a orientação ao insumo, principalmente no caso do saneamento. Esses autores sustentam a orientação ao insumo a partir da afirmação de Deprins, Simar e Tulkens (1984), que defendem ser essa abordagem a mais adequada, pois as empresas podem se tornar mais eficientes apenas fornecendo o nível de produto determinado, utilizando menos insumos.

#### 2.6.4 Extrapolação mínima

Para formalizar o princípio da extrapolação mínima, consideram-se candidatas as tecnologias  $T'$ , que são subconjuntos de  $\mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+^n$ , e que  $(D)$  contenham dados  $(x^k, y^k) \in$

$T', k = 1, \dots, K$  e  $(R)$  satisfaçam os pressupostos de regularidade<sup>18</sup>. Satisfeitos esses requisitos, o conjunto de tecnologias são denotadas por:  $\tau = \{T' \subset \mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+^n | T' \text{ satisfaz } (D) \text{ e } (R)\}$ .

Sob os pressupostos de regularidade, verifica-se que  $T$  é o menor conjunto consistente com os dados. Formalmente, isso decorre do argumento de contradições: se  $T^*$  não é o menor subconjunto, então, existe um  $\tilde{T} = \bigcap T' \in \tau \mid T' \subseteq \tilde{T}$ , isto é, se  $\tilde{T} \subset T^*$  e  $T^* \subseteq \tilde{T}$ .

O princípio da extrapolação mínima não é aplicável com qualquer conjunto e pressupostos. É possível que existam diferentes subconjuntos de  $\mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+^n$  contendo os dados observados e satisfazendo os pressupostos sem qualquer possibilidade de reduzir ainda mais os conjuntos. Um conjunto mínimo pode ser construído como a interseção de todos os subconjuntos que contenham dados e satisfaçam os pressupostos, de modo que o conjunto herdar todas as propriedades originais.

A estimativa do conjunto de tecnologia é o menor conjunto possível que contém os dados e cumpre os pressupostos de regularidades. Bogetoft e Otto (2011) enfatizam que a escolha do menor conjunto significa que se está fazendo uma estimativa cautelosa da eficiência estimada e da devida perda de eficiência.

#### 2.6.5 Modelos de fronteira de produção

Os modelos de fronteira<sup>19</sup> de produção possuem origem na teoria microeconômica e descrevem o comportamento dos agentes econômicos na busca pela otimização de seus desempenhos, de forma a produzir o máximo com a menor quantidade possível de insumos. Diversos fatores podem levar a produzir abaixo da possibilidade máxima de produção admitida pela tecnologia atual. Por isso, surgem as medidas de ineficiência técnica.

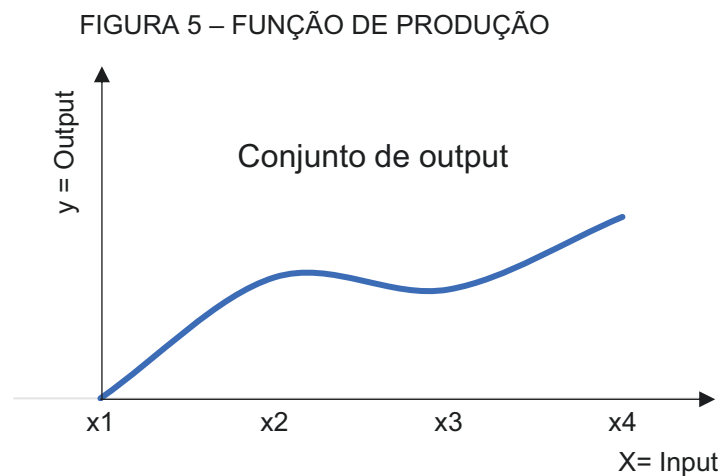
---

<sup>18</sup> Livres descartes de insumos e produtos, convexidade do conjunto de possibilidade de produção, algum tipo de retorno de escala.

<sup>19</sup> Santos e Vieira (2004) definem o termo “fronteira” como a função que limita o conjunto de observações possíveis.

Segundo Slack (1997), o processo de produção envolve um conjunto de recursos de entradas que, combinado, é transformado em algo ou transformado em saídas de bens e serviços. Contudo, existem restrições; isto é, nem todas as combinações de insumos são factíveis para produzir a quantidade correta de produtos. Essa relação entre a quantidade de *outputs* que pode ser obtida a partir de certa quantidade de *inputs* é descrita por meio da função de produção.

Nessa esteira, Carmo e Távora Junior (2003) destacam que é possível medir a eficiência por meio da análise da relação entre insumo e produto de acordo com a função de produção da atividade em questão e da fronteira do conjunto de produção, a qual representa todas as combinações insumo/produto.



FONTE: Adaptado de Slack (1997)

Abel (2002) conceitua a função produção como a relação que indica quanto se pode obter de um ou mais produtos a partir de uma quantidade de insumos. Azambuja (2002), na mesma linha, conceitua a função produção como uma descrição da relação técnica existente entre insumos e produtos em um processo de produção, durante um período de tempo, em que a função de produção define o máximo de produtos resultante de determinado vetor de insumos.

A função produção é a formulação matemática que descreve a fronteira de eficiência<sup>20</sup>, pois ela indica uma quantidade máxima de produtos que pode ser produzida, dada uma quantidade de insumos. Uma vez conhecida a fronteira de produção, a medida de ineficiência de uma empresa é determinada pela distância da fronteira. Logo, as empresas que não operam na fronteira de produção são ineficientes. Casa Nova (2002) define a fronteira de eficiência como uma curva da máxima produtividade onde se localizam todas as empresas consideradas eficientes, enquanto as ineficientes se localizam abaixo da curva.

De acordo com Farrell (1957), uma empresa é considerada tecnicamente eficiente se obtiver o máximo alcançável de produção dada uma quantidade de recursos utilizados. As unidades produtivas eficientes podem balizar aquelas ineficientes, quando utilizadas como referência para as demais, em ordem de estabelecer metas para otimizar o desempenho das empresas avaliadas como ineficientes.

A produtividade é definida por Soares de Mello et al. (2005) como a razão entre o que foi produzido e o que foi gasto para produzir. Na mesma linha, Heizer e Render (2001) definem a produtividade como a relação entre a quantidade de bens ou serviços gerados (saídas) e a quantidade de recursos consumidos para gerá-los (entradas) no mesmo período de tempo (t).

Concentrando-se nos modelos de fronteira, define-se uma função de fronteira de produção como o nível máximo de atividade que é possível atingir com as diferentes dotações de recursos e tecnologia disponível. Uma vez conhecida a fronteira de possibilidade de produção, a medida de ineficiência de uma empresa é determinada pela distância entre a localização da empresa e a fronteira. Consequentemente, empresas que não operam sobre a fronteira de produção são reconhecidas como ineficientes.

#### 2.6.6 Tipos de eficiências

---

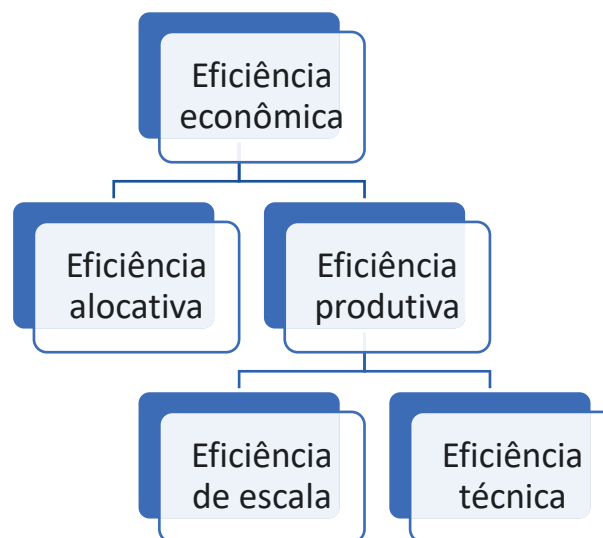
<sup>20</sup> É o conjunto de todos os planos de operação eficiente.

A partir da década de 1950, ampliam-se os estudos inspirados na análise microeconômica e voltados à produção de medidas de eficiência, relacionando as empresas e sua capacidade no uso de insumos na produção, constituindo o que se conhece por produtividade total dos fatores.

Hoyo, Espino e Toribio (2004) consideram o estudo da eficiência um dos mais importantes tópicos da teoria econômica. A eficiência pode ser definida como a relação entre o que um produtor produz e o que poderia produzir, sob o pressuposto de uma plena utilização dos recursos disponíveis. Para Kumbhakar e Lovell (2000), “*efficiency represents the degree of success which producers achieve in allocating the available inputs and the outputs they produce, in order to achieve their goals [...] namely [...] to attain a high degree of efficiency in cost, revenue, or profit*”.

A eficiência é um conceito que pode apresentar diversos significados, a depender da área em que está inserido. Existem diversas formas de mensuração de eficiência: eficiência econômica, eficiência alocativa, eficiência produtiva, eficiência de escala e eficiência técnica, conforme apresentado na FIGURA 6:

FIGURA 6 – TIPOS DE EFICIÊNCIAS



FONTE: Adaptado de Mariano, Almeida e Rebelatto (2014)

A eficiência econômica possui o conceito mais amplo de eficiência de uma DMU. Está dividida e pode ser influenciada por duas componentes: a eficiência alocativa e a produtiva. A disposição das eficiências na figura acima mostra que uma DMU só tem eficiência econômica se possuir eficiência alocativa e eficiência produtiva. Verifica-se, também, que possui eficiência produtiva se possuir eficiência de escala e eficiência técnica, isto é, se produzir sem desperdícios e se conseguir alocar seus recursos de maneira a minimizar seus custos totais ou maximizar o lucro obtido.

A eficiência alocativa está relacionada à habilidade de alocar, da melhor forma possível, os recursos econômicos disponíveis no processo produtivo. Segundo Azambuja (2002), a eficiência alocativa depende de diversos fatores, tais como: i) economias de escala; ii) economias de escopo; iii) economias de densidade de tráfego; iv) economias de utilização de estoque de capital; v) economias de rede e vi) economias de tempo de usuário.

Conforme Belloni (2000), a eficiência produtiva, ou eficiência na produção, pode ser analisada sob os dois enfoques anteriormente apresentados: o da eficiência produtiva e o da eficiência alocativa. A eficiência produtiva é uma componente física que se refere à habilidade de evitar desperdícios, produzindo tantos resultados quanto os recursos permitirem, ou utilizando o mínimo possível de recursos para produzir. Assim, a avaliação da eficiência produtiva pode ser orientada para o crescimento da produção, com vista a aumentar os níveis de produção, mantidas as quantidades de recursos; ou orientada para a economia de recursos, que busca a redução dos recursos, mantendo-se os níveis de produção; ou orientada para alguma combinação desses dois objetivos. Em suma, em todos os casos, o objetivo é obter ganhos de produtividade por meio da eliminação da ineficiência.

Azambuja (2002) corrobora esse entendimento ao afirmar que a eficiência produtiva está relacionada à habilidade de evitar desperdícios, isto é, à habilidade de produzir tantos *outputs* quanto o uso dos *inputs* permitir. A eficiência produtiva, por sua vez, também pode ser subdividida em duas componentes: a eficiência técnica e a eficiência de escala. Mariano, Almeida e Rebelatto (2014) citam duas causas possíveis

para uma empresa não operar com eficiência produtiva: problemas de ordem técnica ou problemas de escala de produção.

Do problema de ordem técnica, surgem as ineficiências técnicas, enquanto dos problemas de escala, surgem as ineficiências de escala. O primeiro problema está relacionado, por exemplo, à má qualificação da mão de obra, à qualidade da matéria-prima, a equipamentos obsoletos, etc. O segundo problema está relacionado à escala ótima de produção; por exemplo, o fato de a DMU não operar em escala ótima de produção pode representar uma deseconomia de escala e, conseqüentemente, conduzi-la à ineficiência produtiva.

Lovell (1993) afirma que a eficiência técnica é influenciada por muitos fatores e que é obrigatório, para a melhoria do desempenho da empresa, que sejam investigados os fatores que criam diferença nos escores de eficiência da empresa. Caves e Barton (1991) propõem múltiplos estudos para identificação dos fatores que provocam a ineficiência no nível de produção. Liaquat, Irfan e Sami (2017) apontam três possíveis fatores responsáveis pela ineficiência técnica:

- Fatores externos à empresa, como a concorrência no mercado onde a empresa atua.
- Fatores da empresa, como idade, tamanho e tipo de empresa.
- A propriedade da empresa, isto é, se a empresa pertence ao setor público ou ao setor privado.

Assim como Liaquat, Irfan e Sami (2017), outros trabalhos, como os de Pitt e Lee (1981), Lundvall e Battese (2000), e Bhandari e Maiti (2007) já haviam verificado que a relação entre a eficiência técnica e esses fatores guarda forte correlação.

#### 2.6.6.1 Técnicas de análise da eficiência produtiva

Existem duas classes de técnicas de análise de eficiência produtiva: (I) as paramétricas, apoiadas numa função produção, que relacionam os *inputs* às máximas quantidades de *outputs* possíveis de serem produzidas; e (II) as não paramétricas, que



buscam estimar a eficiência a partir da construção empírica de uma fronteira de eficiência que serve de base para a análise da eficiência.

Os modelos paramétricos podem ser definidos como modelos descritos a partir da equação linear, dados seus coeficientes (GILLEN; LALL, 1997; SOARES DE MELLO et al., 2005). Esses modelos são baseados na programação matemática e têm o objetivo de construir fronteira de produção (SENGUPTA, 1989).

Entre as técnicas paramétricas de análise da eficiência produtiva, pode-se citar as funções pré-determinadas e a *Stochastic Frontier Analysis* (SFA); entre as técnicas não paramétricas, estão a *Data Envelopment Analysis* (DEA) e o Índice de Malmquist.

Moreira e Fonseca (2005) apresentam a Análise Envoltória de Dados (DEA) e a Fronteira Estocástica de Produção (SFA) como técnicas complementares. DEA é um modelo não paramétrico que supõe apenas a concavidade da função de produção e ignora o ruído<sup>21</sup> contido nos dados, enquanto a SFA considera o ruído, mas depende da especificação funcional da função de produção.

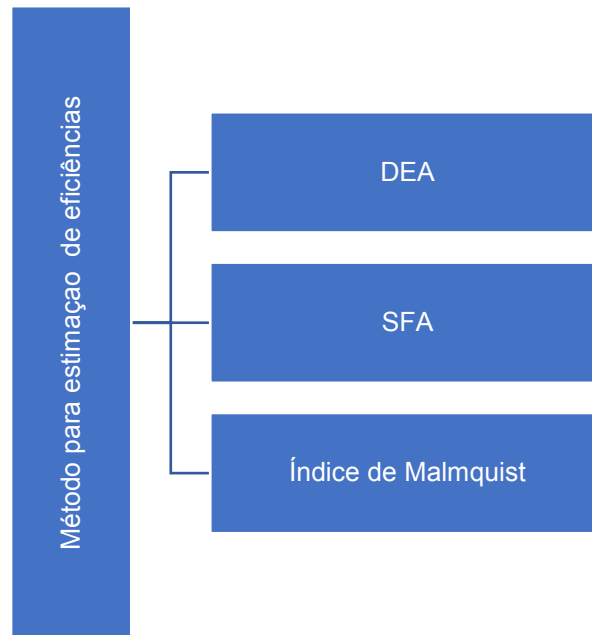
Além desses dois métodos de análise de eficiência, tem-se também o Índice de Malmquist. A definição desse índice foi introduzida por Malmquist (1953) no estudo que desenvolveu sobre o comportamento do consumidor. Posteriormente, Caves, Christensen e Diewert (1982) aplicaram o índice na análise da produção. Färe et al. (1994) usaram a programação matemática DEA para cálculo do índice em medidas de produtividade.

Rodriguez (1998) denomina esses métodos de avaliações quantitativas de eficiência, as quais podem ser realizadas por indicadores sintéticos e se tornam variáveis essenciais para avaliar a eficiência dos investimentos em infraestrutura. Para esse autor, os principais métodos, do tipo quantitativo, para avaliar técnicas de eficiência são DEA, Fronteira Estocástica e o Índice Malmquist, conforme a FIGURA 7.

---

<sup>21</sup> Ruídos estatísticos, erros de medição e os efeitos de fenômenos aleatórios ao processo produtivo.

FIGURA 7 – MÉTODO PARA ESTIMAR A EFICIÊNCIA TÉCNICA E ECONÔMICA POR FRONTEIRAS



FONTE: Adaptado de Rodriguez (1998)

Almeida e Rebelatto (2006) apontam que combinações entre as técnicas são possíveis, como DEA e Índice Malmquist, DEA e Fronteira Estocástica, Fronteira Estocástica e Índice Malmquist. Os autores ressaltam que a integração dessas técnicas assume papel relevante no subsídio à tomada de decisão.

Desde a introdução dos estudos de *benchmarking*, os métodos DEA e SFA vêm se tornando cada vez mais populares. Ao fazer uma busca por estudos dessa natureza, facilmente se depara com milhares de trabalhos relacionados ao assunto, nas mais diversas áreas. A literatura sobre o tema apresenta diversas obras amplamente divulgadas no meio científico, como é o caso do estudo de Cooper, Seiford e Tone (2007). Também é possível verificar uma introdução aos assuntos referentes à DEA e SFA em Coelli, Rao e Battese (1998).

Lewin e Morey (1981), por exemplo, discutiram a decomposição da ineficiência em uma organização hierárquica, e Brännlund, Färe e Grosskopf (1995) e Brännlund et al. (1998) analisaram a indústria sueca de celulose e papel usando um modelo DEA. Andersen e Bogetoft (2007) avaliaram os possíveis ganhos da pesca e dos direitos de produção agrícola.

## 2.7 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA: ABORDAGEM PARAMÉTRICA

Os estudos da mensuração de eficiências por meio de Fronteira Estocástica de Produção foram propostos por Aigner, Lovell e Schmidt (1977) e Meeusen e Van Den Broeck (1977). Esses modelos assumem que existe uma função paramétrica entre os *inputs* e *outputs* e, com base nessa suposição, estimam uma função para obter a máxima produção ao combinar eficientemente os fatores.

Esses modelos envolvem uma função de produção específica para dados *cross-section* com um termo de erro com duas componentes: a primeira é uma componente determinística que inclui a função de produção e outras variáveis que afetam a produtividade, e a segunda é um termo de erro composto por duas componentes que servem para contabilizar os efeitos aleatórios e a ineficiência tecnológica, respectivamente.

### 2.7.1 Fronteira Estocástica de Produção

Na estimativa de fronteira pela abordagem econométrica, é incorporado um erro estatístico e impõe-se uma forma funcional explícita para a tecnologia. Nessa abordagem, a função de produção permite tanto desvios positivos quanto negativos. Isso se deve ao fato de que o termo do erro é composto de duas partes: uma é simétrica, permitindo variações aleatórias das fronteiras entre as empresas, o que permite captar os choques aleatórios fora do controle da empresa, isto é, os ruídos estatísticos; e a outra é unilateral, permitindo captar os efeitos da ineficiência em relação à fronteira estocástica.

Bogetoft e Otto (2011) destacam que os enfoques paramétricos utilizam princípios estatísticos clássicos, principalmente os de máxima verossimilhança; ou seja, escolhe-se o valor de  $\hat{\beta}$  que mais se aproxima do valor real. Na abordagem paramétrica, três processos principais são sugeridos: primeiro, considera-se qualquer desvio como um ruído correspondente a um modelo de regressão normal; segundo, considera-se qualquer desvio como uma expressão de ineficiência, tal como no modelo DEA; e, por último,

assume-se que os desvios são resultados do ruído e da ineficiência. Esta é a abordagem de Fronteira Estocástica de Produção.

TABELA 12 – ABORDAGENS PARAMÉTRICAS PARA O RUÍDO  $v$  E INEFICIÊNCIA  $u$

Abordagem	Aditiva	Multiplicativa
Regressão	$y = f(x; \beta) + v$	$y = f(x; \beta) \exp(v)$
Determinística	$y = f(x; \beta) - u$	$y = f(x; \beta) \exp(-u)$
Estocástica	$y = f(x; \beta) + v - u$	$y = f(x; \beta) \exp(v) \exp(-u)$

FONTE: Bogetoft e Otto (2011)

Na abordagem determinística, parte-se do pressuposto de que  $y = f(x; \beta) - u$ , onde todos os desvios em relação à fronteira eficiente são atribuídos à ineficiência. Contudo, na abordagem da fronteira estocástica, assume-se a existência de um termo adicional. Santos e Viera (2004), na mesma linha de Bogetoft e Otto (2011), descrevem o modelo de fronteira estocástica conforme a Equação (4):

$$y = f(x; \beta) \exp(v - u) \quad (4)$$

em que

$f(x; \beta)$ : termo determinístico

$\exp(v)$ : Efeito dos choques exógenos

$\exp(u)$ : Efeito da ineficiência

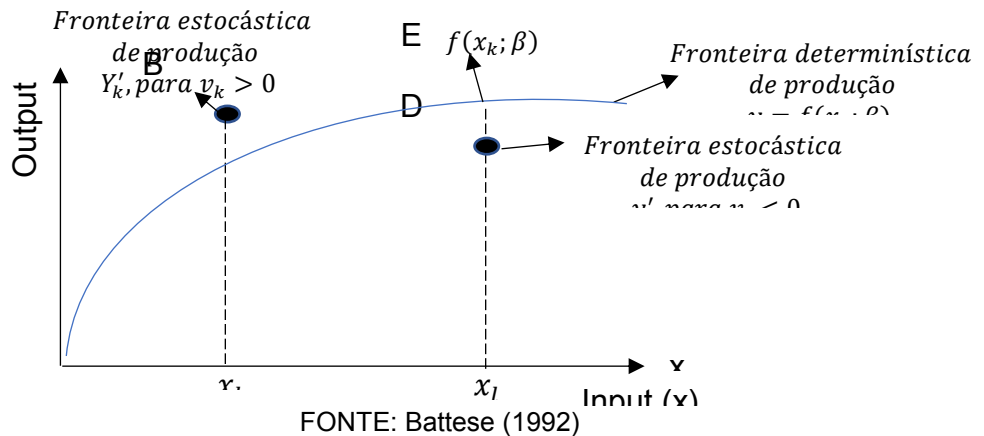
$f(x; \beta) \exp(v)$ : Fronteira estocástica

O termo  $v$  da fronteira estocástica, representado na Equação (4), possui uma distribuição simétrica e capta os efeitos aleatórios de erros de medidas e choques exógenos, os quais permitem que  $f(x)$  varie entre as empresas. O  $u$  é o termo do erro que capta a ineficiência e também permite que  $f(x)$  varie entre

as empresas. Portanto, a eficiência técnica relativa à função de produção estocástica é captada pelo termo do erro  $\exp(-u)$ , para  $u \geq 0$ . Esta condição garante que todas as observações estejam localizadas sobre a fronteira, ou abaixo dela.

O modelo de Fronteira Estocástica de Produção apresentado na Equação (4) é representado na figura a seguir, supondo a existência de duas empresas ( $k$  e  $l$ ), sendo que a empresa  $k$  utiliza insumos  $x_k$  para produzir  $Y_k$ , enquanto a empresa  $l$  utiliza insumos  $x_l$  para produzir  $Y_l$ ; e supondo, ainda, que a produção da empresa  $k$  assume uma fronteira estocástica de produção dada por  $Y'_k$  que excede o valor da fronteira determinística  $f(x_k; \beta)$ , isto é,  $v_k$  é positivo. Por outro lado, a empresa  $l$  possui uma fronteira estocástica de produção  $Y'_l$  que é inferior à fronteira determinística  $f(x_l; \beta)$ , isto é,  $v_l$  é negativo, conforme figura abaixo:

FIGURA 8 – FRONTEIRAS ESTOCÁSTICA E DETERMINÍSTICA DE PRODUÇÃO



A **FIGURA 8** indica que os níveis de produção determinados pela SFA podem estar acima ou abaixo do nível de produção determinado pela fronteira determinística, a depender dos valores de  $v_k$ .

Battese (1992) afirma que, feitas as pressuposições do modelo de Fronteira Estocástica de Produção, a inferência sobre os parâmetros do modelo pode ser estimada por máxima verossimilhança por causa das condições de regularidade normal. Santos e

Viera (2004) também defendem que a inferência sobre os parâmetros do modelo pode ser baseada nos estimadores de máxima verossimilhança.

Estimada a forma funcional paramétrica, correspondente à fronteira de produção, é possível mensurar a eficiência produtiva de uma empresa individual, que é definida pela razão da produção observada em relação à fronteira de produção. Dessa forma, a eficiência técnica ( $ET$ ) da empresa  $k$  no contexto da função estocástica da produção é dada por:

$$ET_k = \frac{Y_k}{Y'_k} = \frac{f(x_k)e^{v_k - u_k}}{f(x_k)e^{v_k}} = e^{-u_k} \quad ; k = 1, \dots, K \quad (5)$$

Portanto, a determinação das eficiências técnicas de empresas individuais é associada à função estocástica de produção  $ET = e^{-u}$ .

### 2.7.2 Estudos realizados

Considerando a aplicação dos modelos paramétricos para o estudo do setor de saneamento, a análise de eficiência se torna fundamental para o alcance de metas e melhorias de gestão. Assim, sob a ótica dos modelos paramétricos, verificaram-se, na literatura, estudos que abordam o assunto para o setor do saneamento sob diversos pontos que versam sobre a eficiência. Frequentemente, são realizadas comparações entre os níveis de eficiência apresentados pelos diferentes tipos de gestão (pública e privada). A seguir, são apresentados, de modo sucinto, alguns dos estudos consultados, os quais integram, posteriormente, o Anexo I, referente ao quadro-síntese da totalidade da bibliografia revista.

Lynk (1993) estudou o setor da Inglaterra e País de Gales e comparou a eficiência das empresas públicas e privadas, aplicando a SFA e adotando a forma funcional *translog* e a distribuição seminormal para a variável de eficiência e o erro. De acordo com o estudo,

o nível de ineficiência das entidades privadas é substancialmente mais elevado do que o observado nas entidades públicas.

Bhattacharyya et al. (1995a) estudaram as empresas do setor nos EUA, com uma amostra de 221 entidades para o período de 1992. Por meio da SFA e uma função de custo (*translog*), os autores verificaram se a eficiência do setor dependia apenas do tipo de gestão (pública ou privada) ou também da dimensão operacional. De acordo com os resultados, o nível de eficiência não depende apenas do tipo de gestão, mas também da dimensão operacional. Nas entidades que operam em níveis de produção mais baixos, as empresas privadas são mais eficientes que as públicas, enquanto as públicas são mais eficientes para níveis de produção mais altos.

Bhattacharyya et al. (1995b), com uma amostra de 29 entidades, por meio da SFA e uma função de produção (*translog*), estudaram o nível de eficiência técnica dos serviços de água rurais do Estado de Nevada, comparando as empresas de propriedades privadas e as municipais. De acordo com o estudo, verificou-se que o nível de eficiência técnica era de 88,24% nos serviços de água rurais desse estado e que as empresas de propriedade privada eram as mais eficientes.

Estache e Martín (2002) desenvolveram estudos na Ásia, utilizando a metodologia paramétrica de fronteiras estocásticas, *Ordinary Least Square* (OLS), COLS, SFA, aplicadas por meio da função custo para determinar a eficiência regional de companhias de água de 50 entidades. De acordo com a natureza de atuação da empresa, pública ou privada, o estudo concluiu que a eficiência não é significativamente diferente entre as companhias com participação privada ou pública.

Bottasso e Conti (2003) estudaram o setor da Inglaterra e País de Gales, por meio da SFA, comparando 31 entidades. Na ocasião, verificaram o Opex<sup>22</sup> em relação aos produtos gerados ao longo do tempo. Concluíram que o Opex tem decrescido regularmente com o tempo, assim como tem ocorrido uma aproximação à fronteira eficiente.

---

<sup>22</sup> É uma sigla derivada da expressão *Operational Expenditure*, que significa Despesas Operacionais, isto é, faz referência às despesas operacionais, aos custos ou aos dispêndios operacionais.

Sauer (2003) estudou o setor na Alemanha, por meio da SFA e indicadores de desempenho, comparando 59 entidades. Com uma função de custos, verificou a existência de economias de escala. Constatou que as entidades da Alemanha Oriental apresentam um custo de prestação do serviço menor.

Kirkpatrick, Parker e Zhang (2004) estudaram o setor da África por meio das técnicas DEA e SFA. Com uma função de custos do tipo Cobb-Douglas, verificaram que as entidades privadas parecem apresentar melhores níveis de desempenho, embora não seja estatisticamente significativa que elas sejam mais eficientes que os operadores públicos.

Aubert e Reynaud (2005) estudaram o setor em Wisconsin (EUA) e, por meio da SFA e uma função de custos (*translog*), constataram que, dos três métodos de regulação econômica existente, os operadores sob a regulação por taxa de remuneração são, em média, os mais eficientes, por oposição aos operadores que estão sujeitos a uma regulação por taxa de remuneração híbrida, que são, em média, os menos eficientes.

Faria, Faria e Moreira (2005) estudaram o setor no Brasil. Utilizando a técnica de SFA, com uma função de produção do tipo Cobb-Douglas, verificaram que as empresas privadas são apenas marginalmente mais eficientes que as empresas públicas. Verificaram também que a distribuição do termo ineficiência do tipo exponencial ajusta-se melhor à amostra que a distribuição normal truncada.

Fraquelli e Moiso (2005) investigaram o setor na Itália, aplicando a técnica de SFA, por meio de uma função custo de forma funcional *translog*, numa amostra de 407 observações. Os resultados obtidos revelaram a existência de ineficiência técnica significativa e a presença de importantes economias de escala. Os autores verificaram também que a verticalização e a redução da fragmentação ao nível local no setor da água possibilitam atingir melhores resultados.

Lin (2005) estudou as alterações que a introdução de variáveis de qualidade de serviço provoca no nível de desempenho de 36 entidades peruanas, no período de 1996 a 2001. Empregou diferentes modelos de SFA à função custo, divergentes na distribuição adotada para o termo ineficiência (seminormal, normal truncada e exponencial) e nas variáveis consideradas, com ou sem as variáveis de qualidade de serviço. O estudo



revelou que as variáveis de qualidade devem ser adicionadas como variáveis de *output* adicionais, e não como variáveis ambientais.

Filippini, Hrovatin e Zoric (2008) estimaram a ineficiência dos custos e as economias de escala de 52 operadores eslovenos com a aplicação de quatro modelos de SFA. Os resultados revelaram que existe ineficiência de custo significativa, embora tenham evidenciando a existência de economias de escala e de densidade.

Mugisha (2007) adotou a técnica de *benchmarking* SFA para as empresas dos SAASAR das cidades abastecidas pela *National Water and Sewerage Corporation* (NWSC), na Uganda. Aplicou uma função de produção *translog* a uma amostra de 100 entidades, cujo termo ineficiência do erro seguiu uma distribuição normal truncada. O trabalho permitiu obter duas conclusões: i) os programas de melhoria de desempenho da NWSC demonstram que as organizações públicas podem apresentar adequado desempenho se bem administradas; ii) a mudança de paradigma no setor da água, de uma perspectiva técnica para uma orientação voltada para o utilizador, contribuiu para a redução da ineficiência técnica.

Souza, Faria e Moreira (2007) avaliaram as eficiências de custo das entidades públicas e privadas brasileiras, usando um modelo de SFA. Admitiram que o termo da ineficiência segue uma distribuição normal truncada para uma amostra de 164 operadores, responsáveis pelo fornecimento de água para uma parcela superior a 70% da população brasileira, para o ano de 2002. A inferência estatística revelou que não existiam diferenças significativas entre as entidades públicas e as entidades privadas.

Melo e Jorge Neto (2007) estimaram uma fronteira estocástica de custo para o setor de saneamento básico do Brasil, de forma verificar o nível de eficiência econômica alcançado pelo setor. Utilizaram a SFA com estimadores de máxima verossimilhança. Esse estudo não deixa claro o critério de seleção da amostra. Cita que a fonte de dados foram as companhias de saneamento em solicitação direta. Para fazer a comparação, os autores agruparam as companhias em empresas de pequeno porte – aquelas que produzem volumes inferiores a  $16.267\text{m}^3/\text{ano}$  –, médio porte – aquelas que produzem volumes inferiores a  $20.271\text{m}^3/\text{ano}$  – e grande porte – aquelas que produzem volumes

acima desse valor. Quanto ao regime jurídico, os autores compararam as municipais com estaduais se os volumes estivessem no mesmo intervalo.

Silveira et al. (2009) analisaram, por meio da SFA, os custos dos prestadores de serviços de água e esgotos no Brasil no período 1998-2002. Estimaram, para cada ano do período investigado, os índices relativos de eficiência de custos de cada prestador e os respectivos parâmetros das variáveis explicativas correspondentes à função de ineficiência. As variáveis adotadas foram o Opex, o volume produzido de água mais esgoto, e a extensão da rede de água. Não consideraram a extensão de rede de esgoto, justificando que havia falha de dados com relação a esse item.

Dos trabalhos brasileiros sobre SFA, verificou-se que existem quatro trabalhos que investigaram a eficiência do saneamento no Brasil: o estudo de Faria, Faria e Moreira (2005) e o de Souza, Faria e Moreira (2007), que fizeram a comparação entre a eficiência das entidades públicas e privadas; o trabalho de Melo e Jorge Neto (2007), que aplicaram a SFA por regiões e utilizaram empresas estaduais e municipais na mesma análise, segundo o porte da empresa; e o de Silveira et al. (2009), que analisaram os custos dos prestadores de serviços a partir do Opex e da extensão de rede de água. A pesquisa sobre os estudos realizados está em linha com o trabalho de Reis et al. (2016), que mencionou a existência de apenas três trabalhos em que se utiliza a técnica SFA no período de 1994 a 2015.

O objetivo deste trabalho não é criticar os estudos realizados, mas apresentar as particularidades de cada um para demonstrar que os objetivos eram distintos do que está sendo investigado aqui. Portanto, não foi encontrado, na literatura brasileira, até então, outro trabalho sobre as empresas de saneamento do Brasil que aplicasse o estudo com a mesma técnica, utilizasse o mesmo conjunto de *inputs* e *outputs* e, ainda, considerasse o mesmo período estudado.

## 2.8 EFICIÊNCIA PRODUTIVA: ABORDAGEM NÃO PARAMÉTRICA

Os estudos da mensuração de eficiências por meio técnicas não paramétricas surgiram com Farrell (1957), que propôs um modelo empírico para o cálculo da eficiência

relativa<sup>23</sup>. Norman e Stoker (1991) argumentam que seria melhor comparar a eficiência de uma empresa com os melhores níveis até então observados que com algum ideal inatingível.

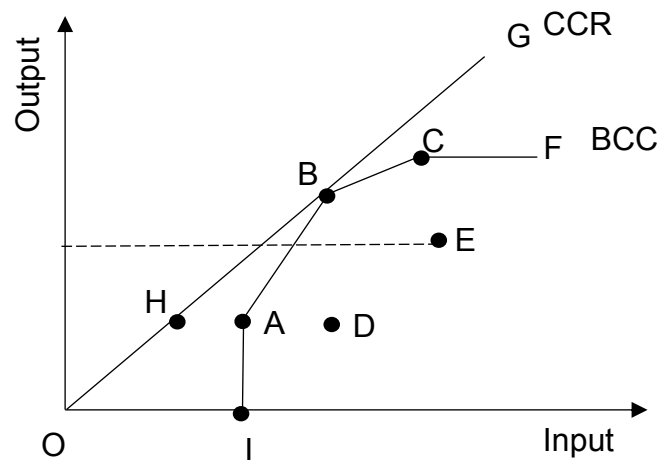
Charnes, Cooper e Rhodes (1978), com base nas análises de Farrell (1957), generalizaram as equações deste autor em um problema de programação linear, possibilitando realizar cálculos que utilizavam múltiplos insumos e produtos. Essa generalização deu origem a uma técnica de fronteiras de produção e indicadores de eficiência produtiva denominada *Data Envelopment Analysis* (OLIVEIRA; GOMES, 2003). Esse modelo passou a ser conhecido como modelo CCR, em homenagem a seus autores, ou modelo CRS, *Constant Returns to Scale*.

Banker, Charnes e Cooper (1984) criaram outro modelo, que considerava os ganhos de escala em seu cálculo. Esse modelo passou a ser identificado como modelo *Variable Returns to Scale (VRS)*, ou modelo BCC, em homenagem aos autores. O BCC permite comparar as DMU que operam em escala semelhante. Assim, a eficiência de uma DMU é obtida dividindo-se sua produtividade pela maior produtividade entre as DMU cujos retornos de escala sejam semelhantes. Assim, a fronteira BCC apresenta linhas/facetos de ângulos variados, o que caracteriza uma fronteira linear em partes. A FIGURA 9 apresenta uma comparação entre os dois tipos de fronteira, BCC e CCR.

---

<sup>23</sup> Belloni (2000) conceitua a eficiência relativa como a distância entre o plano de operação realizado por determinada empresa e a fronteira de eficiência. Quanto à fronteira, o autor afirma que é composta de seções lineares, chamadas facetos de eficiência, determinadas pelas combinações convexas de subconjuntos de empresas eficientes.

FIGURA 9 – COMPARAÇÃO ENTRE FRONTEIRAS DOS MODELOS BCC E CCR



FONTE: O autor (2017)

A FIGURA 9 apresenta as fronteiras de produção dos métodos DEA/CRS e DEA/VRS para um *input* e um *output*. A fronteira associada à DEA/CRS é dada pelo segmento OG, e a ineficiência técnica do ponto D é dada pela distância DH. Nos modelos DEA/VRS, a fronteira tem uma forma segmentada linear, representada pela IABCF, e a ineficiência técnica do ponto D é a distância DA.

Uma DMU possui eficiência de escala quando os resultados obtidos no modelo DEA/CRS e DEA/VRS são os mesmos. Caso os resultados não sejam os mesmos, a ineficiência de escala é obtida pela diferença entre os escores de cada modelo.

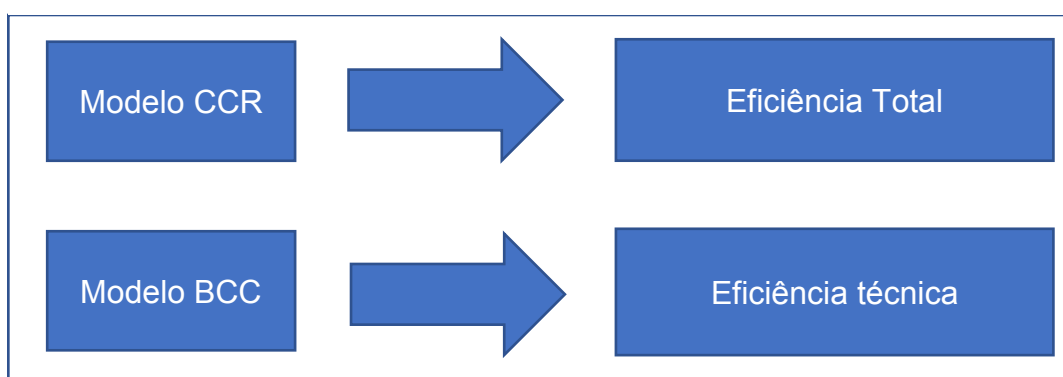
De acordo com Mariano, Almeida e Rebelatto (2014), existem três tipos de Retorno Variável à Escala:

- Retorno crescente, em que o aumento da quantidade de *inputs* provoca um aumento, em maior proporção, na quantidade gerada de *outputs*. Isso ocorre quando uma DMU está operando muito abaixo de sua capacidade ótima.
- Retorno constante, em que o aumento da quantidade de *inputs* provoca um aumento em igual proporção na quantidade gerada de *outputs*. Isso ocorre quando uma DMU está operando em sua capacidade ótima.

- Retorno decrescente, em que o aumento da quantidade de *inputs* provoca um aumento em menor proporção na quantidade gerada de *outputs*. Isso ocorre quando a DMU está operando acima de sua quantidade ótima.

O Retorno Variável à Escala, BCC, significa que as DMU podem apresentar qualquer um dos três retornos à escala mencionados acima. No entanto, em virtude das diferenças entre os tipos de retornos à escala, os modelos CRS e VRS calculam tipos diferentes de eficiências, conforme a FIGURA 10.

FIGURA 10 – MODELOS MATEMÁTICOS E RESPECTIVAS EFICIÊNCIAS



FONTE: Adaptado de Seiford (1990) e Sengupta (2000)

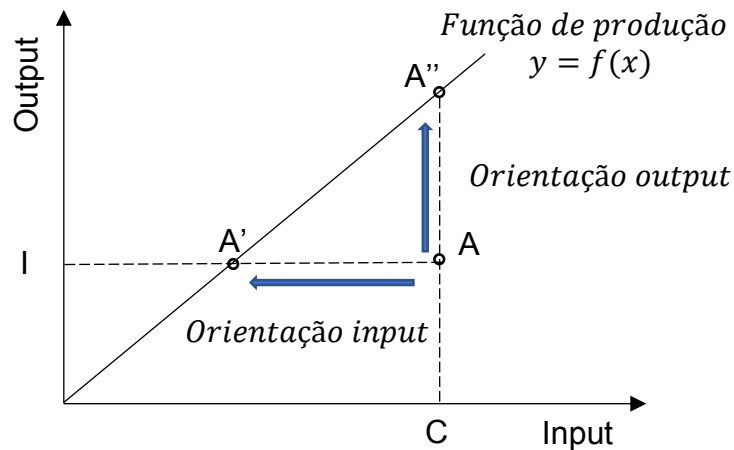
De acordo com Mariano, Almeida e Rebelatto (2014), o modelo CCR compara uma DMU com todas as suas concorrentes, enquanto o BCC compara uma DMU apenas com aquelas que operam em uma escala semelhante. Assim, a eficiência técnica<sup>24</sup> pode ser considerada uma componente da eficiência total, e a outra componente é a eficiência de escala, que pode ser definida como a eficiência relacionada ao fato de a empresa estar operando abaixo ou acima de sua escala ótima.

Seiford (1990) e Sengupta (2000) apontam que, desde a criação do modelo CCR e do BCC, desenvolveu-se uma série de outros modelos, destinados aos mais diversos fins, e os resultados obtidos têm se tornado cada vez mais completos.

<sup>24</sup> Surco (2004) conceitua a eficiência técnica como a habilidade de evitar desperdícios gerando tantos produtos quantos a quantidade de insumos utilizados permitir, consumindo as menores quantidades de insumos necessárias para a produção.

Os modelos de mensuração da eficiência produtiva podem ser orientados de duas formas: para a minimização dos insumos ou para a maximização dos produtos (COELLI; RAO; BATTESE, 1998).

FIGURA 11 – MODELO DE ORIENTAÇÃO A INSUMO OU PRODUTO



FONTE: Coelli, Rao e Battese (1998)

Por exemplo, no caso de a orientação ser para minimização dos *inputs*, o modelo busca responder à seguinte questão: dado o nível de *outputs* que uma unidade produz, qual é a redução que pode ocorrer nos *inputs* de modo a manter o corrente nível de *outputs*? Já os modelos orientados para a maximização dos *outputs* procuram responder à questão: dado o nível de *inputs* utilizado, qual é o maior nível de *outputs* que se pode alcançar, mantendo-se o nível dos *inputs*? (VILELA, 2004).

Sob o enfoque do uso eficiente dos recursos, também conhecida como orientação ao insumo, a medida de eficiência técnica, ou eficiência de Farrell, pode ser obtida pelo uso dos insumos ( $E$ ) de uma DMU ( $X, Y$ ) como a máxima contração radial do vetor de insumos  $X$  que permite produzir a mesma quantidade de produtos  $Y$ , ou seja:

$$E^0 = E((x^0, y^0); T^*) = \text{Min}\{E \in \mathbb{R}_+ \mid (Ex^0, y^0) \in T^*\} \quad (6)$$

em que  $E$  assume um valor que pode variar de 0 a 1. Um valor unitário de  $E$  igual a 1 indica que não há folga de insumos; ou seja, não é possível reduzir a quantidade de insumos e manter nível de produção. Para este caso, diz-se que a DMU é eficiente.

Essa técnica mede as eficiências das DMU dentro da gama de menos que ou igual a um. Wang, Chin e Yang (2007) argumentam que, se a DMU é avaliada como a melhor eficiência relativa (um), então, diz-se que DEA é eficiente; o contrário seria DEA não eficiente. As observações com índices de eficiência igual à unidade (um) delimitam a fronteira de eficiência. Qualquer observação com índice de eficiência menor que a unidade se localiza abaixo da fronteira, dentro do conjunto de produção. A distância das unidades ineficientes em relação à fronteira de eficiência equivale ao índice de eficiência ou ineficiência.

### 2.8.1 Função de produção

DEA combina a estimativa da tecnologia com a mensuração do desempenho relacionado a essa tecnologia. Dessa forma, a técnica integra os dois problemas básicos: i) definir um padrão de desempenho, a fronteira, e b) avaliar realizações em relação ao padrão estabelecido. Existem vários métodos de DEA que diferem em termos de tecnologia estimada e de conceito de eficiência.

A literatura pressupõe que a definição DEA em geral envolve  $K$  empresas que usam  $m$  insumos para produzir  $n$  produtos. Assume, ainda, que  $x^k = (x_1^k, \dots, x_m^k) \in \mathbb{R}_+^m$  é o insumo utilizado e  $y^k = (y_1^k, \dots, y_n^k) \in \mathbb{R}_+^n$  são os produtos produzidos pela empresa  $k$ , e  $k = 1, \dots, K$ . Se os preços dos insumos e os preços dos produtos estão disponíveis, podem ser denotados como  $w^k = (w_1^k, \dots, w_m^k) \in \mathbb{R}_+^m$  e  $p^k = (p_1^k, \dots, p_n^k) \in \mathbb{R}_+^n$  para a empresa  $k$ , em que o subscrito representa o insumo e produto, e o sobescrito indica a empresa individual.

Em forma de vetor, o plano de produção de uma empresa pode ser escrito por  $(x^k, y^k)$ . O plano de produção de um conjunto de empresas pode ser escrito pela matriz  $X = (x^1, x^2, \dots, x^K)$ , e o conjunto de produção dessas empresas, por:  $Y = (y^1, y^2, \dots, y^K)$ .

Finalmente, o conjunto de tecnologia ou conjunto de possibilidades de produção pode ser escrito por  $T = \{(x, y) \in \mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+^n | x \text{ pode produzir } y\}$ .

Bogetoft e Otto (2011) demonstram que DEA estima a tecnologia a partir do princípio da extrapolação mínima, a qual encontra o menor custo de produção, mantendo a regularidade de produção. Quando combinados o conceito de extrapolação mínima com o conceito de Farrell de mensurar a eficiência como uma melhora proporcional, obtêm-se os programas matemáticos considerados nas abordagens DEA.

### 2.8.2 Estudos realizados

Segundo Bogetoft e Otto (2011), os métodos de *benchmarking* são uma combinação de duas tradições de pesquisa: uma tem suas origens na ciência da administração, programação matemática e pesquisa operacional, baseada na metodologia DEA, e a outra tem uma orientação mais econômica e econométrica, baseada na metodologia da SFA. De acordo com os autores, as duas linhas de pesquisa conviveram por muitos anos, cada uma com seu grupo de proponentes. Para eles, ambas as abordagens têm seus méritos, de modo que se pode vê-las como complementares e não como substitutas entre si.

Castro (2003) aponta a metodologia da DEA como ferramenta confiável para avaliar a eficiência das empresas de saneamento básico com os dados disponibilizados no Sistema Nacional de Informações (SNIS). Nessa linha, é oportuno apresentar os estudos que estão na esteira da análise de eficiência com o uso da DEA.

Abbott e Cohen (2009) analisaram 69 trabalhos<sup>25</sup> sobre a eficiência ou a produtividade das empresas de saneamento. Segundo os autores, o método DEA tem sido muito utilizado para mensurar a eficiência e a produtividade das empresas do setor. Os autores destacam que o trabalho pioneiro sobre o assunto no setor é o de Byrnes,

---

<sup>25</sup> Os trabalhos eram de diversas partes do mundo: Europa, EUA, Brasil, Coréia, Canadá, Colômbia, Moldávia e Vietnã.



Grosskopf e Hayes (1986), que analisaram empresas, tanto privadas quanto públicas, nos Estados Unidos.

Desde então, diversos estudos com o uso da metodologia têm sido apresentados. Abbott e Cohen (2009) apontam que, nos últimos vinte anos, aumentou o interesse pela produtividade, a eficiência e as estruturas ótimas para as indústrias de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. Os autores argumentam que, em parte, esse interesse se manifestou no aumento do uso de inúmeras técnicas estatísticas para determinar a produtividade e eficiência do setor de água em diversos países.

Norman e Stoker (1991) analisaram 28 empresas do setor na Inglaterra no período compreendido entre 1987 e 1988. Lambert, Dichev e Raffiee (1993) aplicaram a técnica para 238 empresas públicas e 33 empresas privadas nos Estados Unidos no ano de 1989. Sawkins e Accam (1994) verificaram a eficiência de empresas escocesas.

Aida et al. (1998) avaliaram a possibilidade de uso da DEA/VRS, com orientação ao *output*, como ferramenta para avaliar o desempenho dos prestadores de serviços de água sob as leis de águas do Japão. Os autores utilizaram cinco variáveis de entradas (quantidade equivalente de pessoal, despesa de exploração, ativo produtivo, população total do município atendido, extensão de rede de água), duas variáveis de saídas (volume de água consumido, receita operacional de água).

Cubbin e Tzanidakis (1998) fizeram uma aplicação simultânea de DEA e análise de regressão numa comparação de custos para estabelecimento dos limites de tarifas, dentro do ambiente regulatório dos serviços de água e esgoto predominante na Inglaterra e em Gales. O objetivo era determinar uma fronteira eficiente, de modo a identificar possíveis reduções nos custos de operação que poderiam ser atingidas pelas empresas do setor. Os autores utilizaram uma variável de entrada (despesa de exploração – Opex) e três *outputs* (volume de água entregue, comprimento da rede de água, proporção de água distribuída não residencial). A amostra continha 29 empresas, que seriam as DMU para avaliação, sem referência alguma quanto à distinção de operar sistemas de água e esgoto ou apenas sistemas de água. Os autores buscavam identificar o mesmo *ranking* de eficiência; contudo, não foi isso que ocorreu. Os resultados da análise de regressão foram diferentes do DEA/CRS e ainda mais distintos dos obtidos pelo DEA/VRS.

Thanassoulis (2000) utilizou DEA/VRS com orientação ao *output* para estabelecer limites de preços em revisões tarifárias, fixadas pelo *Office of Water Service* (OFWAT), na Inglaterra e em Gales. O autor utilizou uma variável de entrada (despesas operacionais – Opex) e três variáveis de saída (número de conexões servidas, comprimento da rede de água, quantidade de água entregue).

Castro (2003) verificou a aplicabilidade da metodologia DEA/VRS, orientada ao produto, ao setor de saneamento brasileiro. Utilizou uma variável de entrada (despesa de exploração – Opex) e quatro variáveis de saída (volume de água consumido, extensão de rede de água, quantidade de ligações ativas de água, quantidade de ligações ativas de esgoto).

Carmo e Távora Junior (2003) utilizaram a DEA/CRS e DEA/VRS com orientação ao produto<sup>26</sup> para mensurar as eficiências técnica e econômica dos prestadores de serviços de saneamento em 26 entidades estaduais brasileiras. Utilizaram cinco variáveis de entradas (mão de obra, volume de água produzido, volume de esgoto coletado, extensão da rede de água, extensão da rede de esgoto) e quatro variáveis de saída (volume de água faturado, volume de esgoto faturado, quantidade de economias ativas de água, quantidade de economias ativas de esgoto). Os resultados apontaram que a eficiência técnica é superior à eficiência de escala e que o setor apresenta retornos crescentes de escala.

Tupper e Resende (2004) utilizaram DEA/CRC e DEA/VRS, ambos com orientação ao *output*, para investigar a eficiência técnica das companhias de coleta e tratamento de esgoto das regiões Norte e Nordeste do Brasil em 2003 e 2004. Utilizaram três variáveis de entrada (extensão da rede de esgoto por ligações, volume de esgoto coletado, número total de empregados) e duas variáveis de saída (volume de esgoto tratado, número de domicílios atendidos por rede de esgotamento sanitário). Como resultado, encontraram um desempenho abaixo do ótimo e verificaram a possibilidade de diminuir as diferenças entre as regiões de modo a realizar uma melhor comparação de eficiência.

---

<sup>26</sup> Medida da eficiência de uma DMU considerando o nível de insumo  $X_0$  observado inalterado e reduzindo os produtos até a isoquanta.

Ferro, Romero e Ignacio (2011) analisaram a relação entre a cobertura por redes de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto e a elevação da quantidade de crianças salvas como uma *proxy* para a redução da mortalidade infantil. Os autores assumiram que a evolução da cobertura do saneamento básico implica uma atenuação da mortalidade infantil e que, com os mesmos recursos, os países poderiam ter um resultado melhor ou pior na promoção da saúde, a depender da eficiência com que os recursos fossem utilizados.

Sato (2011), a partir da técnica DEA, analisou a eficiência de 26 companhias de saneamento das capitais dos estados brasileiros, com dados entre os anos de 2005 e 2008. Utilizou modelos com retornos constantes e modelos com retornos variáveis de escala, e verificou grande variabilidade de eficiência entre as regiões do país, bem como espaço para melhoria de eficiência no setor.

Cruz et al. (2012) mensuraram a eficiência dos prestadores de serviços de abastecimento de água, comparando os prestadores de Portugal e Itália. No estudo, calcularam os escores de eficiência de 33 prestadores italianos e 55 prestadores portugueses de fornecimento de água potável e serviços de esgotamento sanitário, utilizando a técnica de *benchmarking* não paramétrica, DEA.

Barbosa (2012) procurou explicar o desempenho da regulação econômica do Brasil, a partir da inserção em ambiente regulatório, com uma amostra de 41 prestadoras de serviço de água e esgoto. Nesse trabalho, foi utilizado o DEA, *input* orientado, com o modelo aditivo *Dynamic Slack Based Model* (DSBM) para determinar o escore de eficiência e, posteriormente, foi utilizada a técnica de regressão *Generalized Estimating Equation* (GEE). O autor verificou que as prestadoras não estão ganhando produtividade ao longo do tempo e que as performances não são explicadas por experiência, âmbito de atuação e especialização das agências reguladoras.

Scaratti, Michelon e Scaratti (2013) avaliaram, por meio da abordagem DEA, a eficiência da gestão dos serviços municipais de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil. Foram avaliados 53 municípios prestadores de serviços de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, com população residente entre 50 mil e 100 mil habitantes. Foram utilizados, na avaliação, 33 indicadores de

desempenho, cujos resultados foram transformados em medidas adimensionais de intervalo [0, 1]. Da amostra total, nove serviços de abastecimento de água potável e três de esgotamento sanitário obtiveram avaliação com índice igual a 1 e classificação eficiente, e os demais obtiveram avaliação inferior, ou seja, com resultado menor que 1 e classificação ineficiente. Na avaliação agregada da gestão do saneamento básico (abastecimento de água potável e esgotamento sanitário), somente um município obteve classificação eficiente.

Cruz e Ramos (2012) utilizaram a DEA/VRS com orientação ao produto para analisar a eficiência da Gestão do Saneamento Básico e seus impactos sobre a promoção da saúde no Brasil. Utilizaram cinco variáveis de entradas (cobertura por redes de abastecimento de água, cobertura por redes coletoras de esgoto, grau de urbanização, médicos por grupos de mil habitantes, PIB *per capita*).

## 2.9 DINÂMICA DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA AO LONGO DO TEMPO

Com o tempo, o comportamento e o desempenho das empresas provavelmente se modificam, em virtude, por exemplo, de um progresso tecnológico. Essas mudanças tornam relevante medir as variações de comportamento das empresas ao longo do tempo, assim como avaliar quanto dessas mudanças são causadas por progressos tecnológicos e quanto pode ser atribuído a iniciativas de melhoria de gestão da empresa em relação à tecnologia existente.

Segundo Färe et al. (1994), a medida de mudança na produtividade, em geral, baseia-se no conceito de produtividade total dos fatores de produção, que é definida pelo aumento no produto líquido decorrente do aumento nos insumos utilizados na produção.

Na visão de Lovell (1993), quando se discute o desempenho de uma empresa, é comum descrevê-la como mais ou menos eficiente, mais ou menos produtiva. Surco (2004) corrobora essa afirmação ao apontar que a eficiência possui duas componentes: a eficiência técnica, relacionada à habilidade do gerenciador de transformar insumos em produtos; e a eficiência alocativa, relacionada à habilidade do gerenciador de definir

proporções ótimas dos insumos e dos produtos, de modo a minimizar os custos de produção.

Tanto nas abordagens de retornos constantes de escala quanto em retornos variáveis de escala, os dados são modelados para períodos estáticos, ou seja, referem-se à modelagem em corte seccional. Para superar essa limitação, o Índice de Malmquist mostra-se útil em situações nas quais se pretende analisar a dinâmica da eficiência ao longo do tempo.

### 2.9.1 Índice de Malmquist

Rosano-Peña, Albuquerque e Daher (2012) destacam que a introdução de uma dimensão temporal permite criar um modelo dinâmico, deslocando a questão central de DEA para outro problema de grande importância, como a natureza da trajetória temporal.

O método para determinar o Índice de Malmquist aplica o modelo de programação linear para construir a fronteira de produção em dois períodos de tempo diferentes e considera a distância de cada DMU, antes e depois, em relação às duas fronteiras distintas.

Wilhelm (2003) destaca que o Índice de Malmquist tem muitas características desejáveis. Por exemplo, não há necessidade de definir o comportamento da função, como minimização de custos ou maximização de receitas, o que é muito útil quando os objetivos dos produtores são diferentes ou, ainda, quando estes são desconhecidos. Para esse autor, outra virtude é a possibilidade do desmembramento das variações no nível de produção em duas componentes, indicador de eficiência e mudança tecnológica, permitindo, dessa forma, conhecer a natureza da mudança de produtividade.

Para Tone (2004), Ferreira e Gomes (2009), o Índice de Malmquist divide a variação da produtividade em dois termos: 1) mudança técnica ou efeito emparelhamento (*catch-up*); ou seja, dada uma tecnologia disponível, a DMU utiliza seus insumos da melhor forma possível para geração do produto. Em geral, trata-se das melhorias dos processos de produção e de produtos utilizando a mesma tecnologia; 2) mudança na

eficiência tecnológica (*frontier shift*), isto é, uma alteração da tecnologia disponível que contribui para a mudança na produtividade da DMU. Desse modo, além do emparelhamento, pode ocorrer uma melhora no desempenho decorrente da inovação tecnológica<sup>27</sup>.

## 2.9.2 Estudos realizados

No caso das economias de rede, como o setor de saneamento básico, o regulador pode adotar arbitrariamente uma trajetória de ganhos de produtividade a fim de promover a modicidade tarifária dos serviços. Por exemplo, se determinada empresa estiver abaixo da linha de eficiência, o regulador pode definir um prazo e índices anuais para que a regulada se aproxime da fronteira eficiente. Nesse sentido, poderia adotar o Índice de Malmquist para determinar os ganhos de produtividade intertemporal.

Segundo Almeida (2010), a finalidade do Índice de Malmquist é comparar períodos adjacentes a partir dos dados de *input* e *output* de um período-base, porque a utilização apenas da Análise Envolvória de Dados pode comprometer os resultados, visto que a técnica ignora a dinâmica de mercado, segundo a qual as unidades organizacionais podem ser eficientes para alguns períodos no tempo e ineficientes para outros (CHEN; IQBAL ALI, 2004), tornando-se uma ferramenta adequada para acompanhamento das variações da produtividade das DMU.

De acordo com Lovell (1993), as técnicas de cálculo da produtividade baseadas nos Índices de Malmquist integram-se, por norma, nos métodos fronteira não paramétricos, razão pela qual não requerem a especificação de uma forma funcional para a tecnologia de produção e permitem a decomposição da produtividade.

Existem diversos trabalhos que adotam o Índice de Malmquist para mensurar a eficiência dinâmica nos mais diversos setores. No caso do setor de saneamento, há alguns estudos que servem como base, como, por exemplo, o de Marques (2005), que

---

<sup>27</sup> Uma inovação tecnológica pode estar associada a uma inovação gerencial. Na prática, é difícil separar esses dois efeitos, principalmente quando não se está dentro do ambiente da empresa estudada.

calculou a variação da produtividade dos serviços de água portugueses (SAAR) entre 1994 e 2001 por meio dos Índices de Malmquist.

Lin e Berg (2008) utilizaram as seguintes técnicas para avaliar a eficiência de 38 prestadoras de serviço de distribuição de água peruanas entre os anos de 1998 e 2001: i) modelo DEA básico; ii) modelo DEA com estrutura de preferências; e iii) Índice de Malmquist com a qualidade incorporada. Como resultado, os autores encontraram uma pequena melhora na qualidade dos serviços entre os anos analisados, bem como identificaram impactos provocados pela introdução de aspectos de qualidade na análise de eficiência.

Byrnes et al. (2010) analisaram os efeitos de diversas ações políticas na eficiência de 52 prestadoras de serviços de água nas regiões australianas de New South Wales e Victoria. Para tanto, utilizaram modelos de *input* orientados com retornos constantes e retornos variáveis de escala, além do Índice de Malmquist. Como resultado, verificaram grande influência das políticas urbanas de água na dinâmica da eficiência.

Portela (2011) utilizou o Índice meta-Malmquist circular para analisar a mudança na produtividade de 22 prestadoras de serviços de distribuição de água da Inglaterra e do Reino Unido entre os anos de 1993 e 2007. O Índice meta-Malmquist verifica a mudança de produtividade em referência a uma metafronteira de modo a permitir comparar as performances das companhias ao longo do tempo. Como resultado, houve melhoria de eficiência entre os anos de 1993 e 2005, mas, depois desse período, a tendência foi de queda até 2007.

Abbott, Cohen e Wang (2012) analisaram a performance dos setores de água e esgotos das cidades australianas de Sydney, Melbourne, Brisbane, Adelaide, Perth e Canberra. Para a análise, utilizaram o Índice de Malmquist com dados coletados entre os anos de 1995 e 2008. Como resultado, encontraram incrementos positivos de produtividade nos centros urbanos maiores, independentemente da estrutura de sua indústria. O trabalho também ressalta a influência de fatores imprevisíveis e incontroláveis na eficiência.

No Brasil, há evidências de poucos trabalhos referentes ao setor do saneamento sob a ótica do Índice de Malmquist. Um dos trabalhos é proposto por Seroa da Motta e

Moreira (2006), que analisaram o setor de saneamento brasileiro, considerando todos os operadores do território nacional. A amostra foi composta por 104 operadores (73 locais, 20 regionais e 11 privados) e coletada entre os anos de 1998 e 2002. Por meio de um modelo com orientação ao produto, foram mensuradas as eficiências de escala e técnica. Como resultado, os autores verificaram que os efeitos de *catch up*, isto é, os movimentos em direção à fronteira tecnológica, são mais importantes que o crescimento da produtividade total de fatores. A introdução de gestão privada foi um fator relevante de contribuição para movimentos em direção à fronteira. O estudo também avalia que os operadores regionais se beneficiam de economias de escala, mas operam com níveis mais baixos de produtividade e não foram capazes de ganhar produtividade no mesmo ritmo dos operadores locais no período analisado.

Carvalho (2014) procurou abordar a eficiência intertemporal, a partir do Índice de Malmquist, das companhias brasileiras. A autora utilizou modelos de orientação a *output* para mensurar a eficiência de 29 prestadoras entre os anos de 2006 e 2011. O Índice de Malmquist revelou uma queda na produtividade entre os anos apresentados, e vale observar que as prestadoras que passaram a ser reguladas por agência após a LNSB, de 2007, apresentaram maiores avanços relativos.



### 3. MATERIAL E MÉTODO

Esta seção compreende os aspectos metodológicos da pesquisa. Faz-se a caracterização do tipo de pesquisa realizada, a descrição do método utilizado para o alcance dos objetivos propostos e considerações a respeito dos métodos DEA, SFA, Índice de Malmquist, amostra e da seleção das variáveis *inputs* e *outputs*.

#### 3.1 FONTE DE DADOS

Referente ao capítulo do panorama do saneamento básico no Brasil, o objetivo maior é apresentar as características do setor que retratem as peculiaridades no contexto nacional e diferenças regionais, tais como o consumo médio, as tarifas e despesas por região, a quantidade de pessoal empregado no setor e as perdas.

Para a aplicação do teste empírico de DEA, SFA e Índice de Malmquist, foram utilizados os dados do SNIS de 2004 e 2015. O SNIS possui uma base de dados que contém informações e indicadores sobre a prestação de serviços de água e esgotos, de manejo de resíduos sólidos urbanos, e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. O SNIS publica anualmente os diagnósticos da situação da prestação de serviços de saneamento básico. Desde 1996, publica informações referentes à água e ao esgotamento sanitário; desde 2002, sobre resíduos sólidos urbanos; e desde 2015, sobre águas pluviais urbanas.

As consultas de dados no SNIS, para água e esgoto, possuem as seguintes famílias de informações: Gerais; Contábeis, exceto autarquias e administração pública direta; Operacionais (água); Operacionais (esgotos); Financeiras; Qualidade (nível municipal); Tarifas; e Informações sobre Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB). Além disso, a partir dessas informações, são calculados e disponibilizados os indicadores que compõem as seguintes famílias: Econômico-financeiros e administrativos; Operacionais (água); Operacionais (esgotos); Contábeis (apenas empresas); e Qualidade (nível municipal).

O SNIS (2015) dispõe de informações de 1.442 empresas de saneamento brasileiras, das quais 682 são empresas que fornecem simultaneamente os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. No contexto regional, que é objeto de estudo neste trabalho, são 25 companhias, sendo uma pública e 24 de economia mista.

### 3.2 AMOSTRA

Os dados dos serviços referentes à distribuição de água, à coleta e ao tratamento de esgoto são informados ao SNIS por companhias estaduais, empresas e autarquias municipais, empresas privadas e pelas próprias prefeituras, todas denominadas no SNIS como “prestadores de serviços”. As informações e os indicadores do sistema permitem identificar os aspectos relacionados à gestão dos serviços municipais brasileiros.

Os dados disponíveis no SNIS referem-se, em média, a dois anos anteriores ao ano corrente. Por exemplo, em 2017, os últimos dados disponíveis no sistema são de 2015. Em 2015, o SNIS apurou informações referentes ao abastecimento de água em 5.088 municípios, cuja população urbana somou 169 milhões de habitantes. Considerando o total da população, a pesquisa assegura uma representatividade de 97,8% em relação à população urbana do Brasil e 91,3% em relação ao total de municípios. Para o esgotamento sanitário, a quantidade de municípios é de 3.799, e a população urbana representa 158,9 milhões de habitantes, uma representatividade de 68,2% em relação ao total de municípios e de 92% em relação à população urbana do Brasil.

Os prestadores de serviço de abrangência regional, ou seja, as companhias estaduais de saneamento, são responsáveis pelo atendimento de 78,9% dos municípios que informaram seus dados ao SNIS em 2015 para abastecimento de água, e de 56,5% para esgotamento sanitário. Em termos de população urbana, esses percentuais são de 75,2% para abastecimento de água e 66% para esgotamento sanitário. Como o objetivo deste trabalho é comparar a eficiência de empresas semelhantes, e dado que as Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESB) representam a maior parcela de

atendimento, optou-se por essas companhias que possuem atendimentos regionais. O QUADRO 3 apresenta as respectivas empresas por regiões.

QUADRO 3 – PRESTADOR DO SERVIÇO POR REGIÃO

REGIÃO	UF	SIGLA	EMPRESA
Norte (N)	RR	Caer	Companhia de Águas e Esgotos de Roraima
	AM	Cosama	Companhia de Saneamento do Amazonas
	PA	Cosanpa	Companhia de Saneamento do Pará
	RN	Caerd	Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia
Nordeste (NE)	PI	Agespisa	Companhia de Águas e Esgotos do Piauí
	MA	Caema	Companhia de Águas e Esgotos do Maranhão
	CE	Cagece	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
	PB	Cagepa	Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba
	PE	Compesa	Companhia Pernambucana de Saneamento
	AL	Casal	Companhia de Saneamento de Alagoas
	RN	Caern	Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande
	SE	Deso	Companhia de Saneamento de Sergipe
	BA	Embasa	Empresa Baiana de Águas e Saneamento
Sudeste (SE)	RJ	Cedae	Companhia Estadual de Águas e Esgotos
	MG	Copasa	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
	ES	Cesan	Companhia Espírito-Santense de Saneamento
	SP	Sabesp	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
Sul (S)	RS	Corsan	Companhia Rio-Grandense de Saneamento
	SC	Casan	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
	PR	Sanepar	Companhia de Saneamento do Paraná
Centro oeste (CO)	DF	Caesb	Companhia de Saneamento do Distrito Federal
	GO	Saneago	Saneamento de Goiás S/A
	MS	Sanesul	Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul

FONTE: Adaptado do SNIS (2017)

Os dados e as variáveis consideradas neste trabalho têm origem nas informações correspondentes às empresas listadas no QUADRO 3. Nessa fonte, há informações sobre as 23 CESB em operação, ou seja, 23 unidades produtivas (DMU). Como as metodologias DEA e SFA pressupõem homogeneidade dos dados, este estudo será feito entre as empresas que apresentam estruturas semelhantes quanto à natureza jurídica, por exemplo.

Dado que o estudo se propõe a avaliar, também, a evolução das empresas no tempo, é imperioso que as empresas a serem estudadas possuam dados para todo o

período observado, isto é, 2004 a 2015. Outro critério adotado foi o volume produzido de água: aquelas empresas que produziram, em um dos anos, volume inferior a 100 milhões de m<sup>3</sup> foram subtraídas da comparação. Feitas essas considerações acerca da amostra, as empresas a serem avaliadas são apresentadas no QUADRO 4.

QUADRO 4 – EMPRESAS A SEREM COMPARADAS

EMPRESA	UF	SIGLA	EMPRESA
1	PA	Cosanpa	Companhia de Saneamento do Pará
2	PI	Agespisa	Companhia de Águas e Esgotos do Piauí
3	MA	Caema	Companhia de Águas e Esgotos do Maranhão
4	CE	Cagece	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
5	PB	Cagepa	Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba
6	PE	Compesa	Companhia Pernambucana de Saneamento
7	AL	Casal	Companhia de Saneamento de Alagoas
8	RN	Caern	Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande
9	SE	Deso	Companhia de Saneamento de Sergipe
10	BA	Embasa	Empresa Baiana de Águas e Saneamento
11	RJ	Cedae	Companhia Estadual de Águas e Esgotos
12	MG	Copasa	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
13	ES	Cesan	Companhia Espírito-Santense de Saneamento
14	SP	Sabesp	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
15	RS	Corsan	Companhia Rio-Grandense de Saneamento
16	SC	Casan	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
17	PR	Sanepar	Companhia de Saneamento do Paraná
18	GO	Saneago	Saneamento de Goiás S/A

FONTE: O autor (2017)

Tanto para a análise de DEA quanto para a SFA, portanto, serão utilizadas essas empresas. Da amostra inicial das CESB, foram excluídas cinco empresas que não atenderam aos requisitos mencionados anteriormente.

Cabe salientar que a quantidade de empresas está dimensionada para a quantidade de variáveis. De acordo com Lins e Meza (2000), a quantidade de DMU deve ser, no mínimo, o dobro da quantidade de variáveis. Gomes et al. (2004) sugerem que o número de DMU deve ser, no mínimo, o triplo da quantidade de variáveis.

### 3.3 SELEÇÃO DOS INSUMOS E PRODUTOS

A seleção dos insumos e produtos tem uma fundamental importância, já que eles definem a base sobre a qual o estudo da eficiência será realizado. Somente os *inputs* e *outputs* devem ser considerados na análise, e nenhum deles pode ser mais importante que os outros.

Ferreira e Gomes (2009) sugerem que a principal condição para seleção das variáveis é o profundo conhecimento sobre a atividade em análise. Eles resumem desta forma os procedimentos para seleção das variáveis:

- Estudar detalhadamente o setor, ramo e atividade em análise;
- Consultar um especialista do setor, ramo e atividade sobre quais são as variáveis relevantes (insumo e produtos);
- Utilizar um número restrito de variáveis, isto é, as mais relevantes.

Considera-se, para este trabalho, um *input* e três *outputs* como suficientes para proceder à avaliação de eficiência em fornecimento de serviços de saneamento com indicadores do SNIS, para as três técnicas: SFA, DEA e Índice de Malmquist. As siglas junto à descrição das variáveis serão adotadas ao longo deste trabalho.

QUADRO 5 *INPUT* E *OUTPUTS* ADOTADOS

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Despesa de exploração<sup>28</sup> (Opex)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de tratamento de esgoto<sup>29</sup> (%T)</li> <li>• Extensão de rede de água e esgoto<sup>30</sup> (R)</li> <li>• Quantidade de ligações ativas de água e esgoto<sup>31</sup> (L)</li> </ul>

FONTE: O autor (2017)

A variável de *input* reflete as despesas com pessoal, produtos químicos, energia elétrica, despesas com água importada, despesas fiscais ou tributárias computadas no

<sup>28</sup> COD SNIS (FN015)

<sup>29</sup> COD SNIS (IN016)

<sup>30</sup> COD SNIS (AG005 + ES004)

<sup>31</sup> COD SNIS (AG002 + ES 002)

Opex, outras despesas de exploração, despesas com exportação de esgoto, isto é, reflete o Opex. Esses custos são necessários para a geração dos *outputs*.

Quanto às variáveis de *outputs*, verificou-se, a partir da revisão da literatura, que a maioria dos estudos adota a variável quantidade de ligações ativas de água e esgoto. Da mesma forma, também é comum o uso de extensão de rede de água e esgoto. Quanto à variável índice de tratamento de esgoto, nenhum dos trabalhos verificados a adotou. O uso desta variável na mensuração da eficiência é um diferencial em relação aos demais estudos realizados. Em virtude do objetivo deste trabalho, que é a mensuração da eficiência, é imprescindível que essa variável seja incluída como uma saída, uma vez que a eficiência tem forte relação com a modicidade tarifária.

O percentual de tratamento de esgoto assume relevância, pois é comum a cobrança pela coleta e tratamento do esgoto, mas boa parte do esgoto coletado não é tratado. Diante dessa afirmação, a inclusão desta variável é justificada, pois não considerá-la é desprezar a ineficiência do tratamento de esgoto, uma vez que o usuário paga por esse serviço. É comum, nos estudos de eficiência do setor, considerar o número de economias (residências) e ligações; contudo, se uma empresa atua em região com elevados índices de adensamento, comparada com seus pares, isso pode gerar um viés de resultado.

Diante desses fatos, defende-se a inclusão do *input* percentual de esgoto tratado, cujo uso se desconhece, até o momento, em estudos de eficiência produtiva. Quanto ao uso das ligações, na prática, trata-se de uma variável que tem relação com os custos, mas, igualmente, desconhecem-se trabalhos que considerem essa variável no Brasil. A variável rede é outra que está fortemente associada com os custos, pois as redes representam, em média, 55% do valor do ativo de uma empresa; portanto, os gastos com energia elétrica, por exemplo, estão associados ao bombeamento e recalque por meio das tubulações da rede.

Diante do exposto, apresenta-se a estatística descritiva dos dados utilizados para este estudo.

TABELA 13 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DOS DADOS UTILIZADOS

Variáveis	Unidade	Média ( $\mu_x$ )	Mediana	Min.	Máx
OPEX	R\$/ano	531.879.325	259.822.241	19489844	3.834.065.838
%T	%	79,36	96,59	0	100
R	Km	20.678	9.389	895	120.479
L	Ligações	1.809.581	766.684	60.927	13.800.628

FONTE: O autor (2017)

A apresentação dos dados utilizados neste trabalho pode ser verificada no apêndice. Em virtude da análise da eficiência dinâmica, que compara a eficiência de uso dos recursos de um ano para o outro, foram deflacionadas as variáveis de entradas (Opex) pelo IPCA acumulado ano a ano. Portanto, os dados da TABELA 13 já estão deflacionados.

Um dos pressupostos na definição das variáveis *inputs* e *outputs*, quando da aplicação da metodologia da DEA e SFA, é a forte correlação entre as variáveis de insumo e produto.

TABELA 14 – MATRIZ DE CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS

	Opex	Nº. Ligações ativas (A+E)	Extensão de rede (A+E)	Índice de tratamento de (E)
OPEX	1,000			
L (A+E)	0,969	1,000		
R (A+E)	0,919	0,966	1,000	
%T (E)	0,982	0,971	0,922	1,000

FONTE: O autor (2017)

A TABELA 14 indica forte correlação entre as variáveis de entrada e saída, acima de 0,850, o que mostra que os *inputs* e *outputs* adotados são relevantes para a análise desejada.

Como o objetivo é determinar os níveis de eficiência das companhias de saneamento do Brasil, adotou-se, como já indicado, o custo operacional (Opex) como o insumo. Tendo em vista as informações disponíveis no SNIS, referentes ao custo operacional, estas dizem respeito à somatória: despesas com pessoal próprio [R\$/Ano], despesa com produtos químicos [R\$/Ano], despesa com energia elétrica [R\$/Ano] e despesa com serviços de terceiros [R\$/Ano].

### 3.3.1 Perdas

Neste estudo, não foram avaliadas as perdas porque os critérios adotados para mensuração não são homogêneos e, muitas vezes, fogem do controle da companhia<sup>32</sup>, implicando percentuais de perdas não comparáveis. Logo, para não penalizar uma empresa indevidamente, optou-se por não adotar essa variável.

## 3.4 SOFTWARE

Para realização de estudos de *benchmarking*, existem vários pacotes de *software* gratuitos, bem como programas comerciais. O objetivo deste estudo não é abordar nenhum *software* em detalhes; porém, quando possível, serão ilustrados os comandos utilizados na construção dos modelos e métodos, mostrando como eles podem ser implementados tendo em vista determinado propósito.

O *software* adotado para realização da análise da DEA e SFA foi o R, que dispõe de ampla variedade de técnicas estatísticas e gráficas, incluindo modelos lineares e não lineares, testes estatísticos clássicos, análise de séries temporais, classificação, agrupamento e outras características. Para análise da eficiência intertemporal, foi utilizada a ferramenta computacional de avaliação técnica e da produtividade denominada DEA-SAED<sup>33</sup> *Software* de Análise Envoltória de Dados. Este *software* foi desenvolvido por Surco, em 2004, sob a orientação de Wilhelm, fruto de uma dissertação de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, da Universidade Federal do Paraná (SURCO; WILHELM, 2004).

---

<sup>32</sup> Há situações em que as companhias são impedidas de reduzir as perdas. Por exemplo, alguns prefeitos impedem que as empresas instalem hidrômetros individualizados (isto é, permitem apenas uma única medida na entrada do bairro) ou que possam fazer a medição. Este é um exemplo que algumas companhias adotam como perda e outras não consideram perda.

<sup>33</sup> Trata-se de *software* de uso livre implementado na linguagem Microsoft Visual Basic 6.0, que usa a tecnologia Dynamic Link Library. Disponível em: <<http://dea-saed.software.informer.com/1.0/>>.



### 3.5 MODELOS UTILIZADOS

Como o objetivo do trabalho foi medir a eficiência das empresas de saneamento no Brasil no período de 2004 a 2015, o estudo da eficiência das CESB será baseado na construção da fronteira de eficiência técnica para o setor, usando a metodologia de Análise Envoltória de Dados com retornos variáveis de escala (DEA-V) e a Fronteira Estocástica de Produção (SFA). A análise da eficiência intertemporal será mensurada pelo Índice de Malmquist.

#### 3.5.1 Modelo da função de produção estocástica

Os modelos de fronteira estocástica combinam o termo de ineficiência  $u$  com o termo do erro  $v$ ; ou seja, os modelos de SFA levam em consideração a existência de dois termos: i) um termo de erro estocástico; e ii) um termo que pode ser definido como a ineficiência.

Um modelo de fronteira estocástica pode ser expresso conforme a Equação (7), em que a ineficiência técnica da DMU  $k$  é representada por  $u$  e deve ser positiva, enquanto a componente de ruído estocástico  $v$  pode ser positiva ou negativa.

$$y^k = f(x_i^k; \beta) e^{\varepsilon^k} \quad (7)$$

em que

$y^k$ : quantidade da produção da empresa  $k$

$x_i^k$ : quantidade de insumo  $i$  usado pela empresa  $k$ ;  $i = 1, \dots, I$ ;  $k = 1, \dots, K$

$\beta$ : vetor de parâmetros

$\varepsilon^k$ : termo de erro composto,  $\varepsilon^k = v^k - u^k$

Assume-se que as duas componentes,  $v^k$  e  $u^k$ , são independentes uma do outra, sendo o  $v^k$  o erro aleatório com distribuição normal ( $v^k \sim N(0, \sigma_v^2)$ ), e o  $u$  o termo do erro que capta a ineficiência. Quanto à distribuição do termo do erro  $u^k$ , Santos e Viera (2004)

apontam que a maior parte da literatura tem optado pela distribuição meio normal. Para o caso da distribuição meio normal para  $u^k$ , tem-se:

$$v^k \sim N(0, \sigma_v^2) \quad (8)$$

$$u^k \sim |N(0, \sigma_u^2)| \quad (9)$$

Kumbhakar e Lovell (2000) definem a função de densidade conjunta de  $v$  como:

$$f(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_v}} \times \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{v}{\sigma_v} \right)^2 \right] \quad (10)$$

$$f(u) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi\sigma_u}} \times \exp \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{u}{\sigma_u} \right)^2 \right] \quad (11)$$

A média de  $u$  é dada por:

$$E(u) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \sigma_u \quad (12)$$

E a variância de  $u$  é dada por:

$$\text{Var}(u) = \left( \frac{\pi}{2} - 1 \right) \sigma_u^2 \quad (13)$$

Kumbhakar e Lovell (2000) assumem que, dado que os erros são independentes, a função densidade conjunto de  $u$  e  $v$  é o produto das funções de densidades individuais, de modo que se tem o seguinte:

$$f(\varepsilon) = \frac{2}{\sqrt{2\pi\sigma_v}} \left( 1 - F \left( \frac{\varepsilon\lambda}{\sigma^2} \right) \right) \exp \left[ \frac{-1}{2\sigma^2} \varepsilon^2 \right] \quad (14)$$

em que  $F$  é a função de distribuição normal, padrão  $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$  e  $\lambda = \sqrt{\frac{\sigma_u^2}{\sigma_v^2}} = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}$ , com média 0 e variância 1.

Santos e Vieira (2004) destacam que a função de produção Cobb-Douglas tem sido usada largamente em análises de estimação da fronteira de produção. Argumentam que, como a Cobb-Douglas é uma função homogênea, a natureza dos rendimentos é determinada diretamente pela soma dos coeficientes da regressão. Logo, o uso do modelo de uma única equação é justificado, ao assumir que as funções visam puramente a maximizar os lucros, ou minimizar os custos. Alguns autores (ZELLNER; REVANKAR, 1969; KOPP; SMITH, 1980; CAVES; BARTON, 1991) apontam que esse é um procedimento comum adotado em estudos dessa natureza.

Dessa forma, o modelo VRS a ser estimado é:

$$Y^k = \beta_0 x_1^{\beta_1} x_2^{\beta_2} x_3^{\beta_3} e^{\varepsilon^k}$$

que, na forma logarítmica, é:

$$\ln y^k = \beta_0 + \beta_1 \ln x_1^k + \beta_2 \ln x_2^k + \beta_3 \ln x_3^k + v^k - u^k \quad (15)$$

ou

$$\ln y^k = \beta_0 + \beta_1 \ln x_1^k + \beta_2 \ln x_2^k + \beta_3 \ln x_3^k + e^k \quad (16)$$

Jondrow et al. (1982) demonstram que as suposições sobre as distribuições estatística de  $v^k$  e  $u^k$  possibilitam o cálculo condicional de  $u^k | \varepsilon^k$ , como:

$$E(u^k | \varepsilon^k) = \sigma' \left[ \frac{f(\varepsilon^k \lambda / \sigma)}{1 - F(\varepsilon^k \lambda / \sigma)} - \frac{\varepsilon^k \lambda}{\sigma} \right] \quad (17)$$

em que  $f$  e  $F$  são as funções de densidade normal padrão e de distribuição normal padrão, respectivamente, e  $\sigma' = \frac{\sigma_v^2 \sigma_u^2}{\sigma^2}$ . Dessa forma, a expressão (17) fornece as estimativas de  $v^k$  e  $u^k$  após a substituição de  $\varepsilon, \sigma, \lambda$  pelas respectivas estimativas, obtidas a partir da maximização da função de máxima verossimilhança. O  $k$ ;  $k = 1 \dots K$  indica a unidade de tomadora de decisão.

Assim, o modelo é composto pela diferença entre a fronteira estocástica  $\ln y^k = \beta_0 + \beta_1 \ln x_1^k + \beta_2 \ln x_2^k + \dots + \beta_n \ln x_n^k + v^k$  e o termo de ineficiência ( $u^k$ ). Se os termos de

ineficiência ( $v^k$ ) e ( $u^k$ ) forem distribuídos de forma independente de cada regressor ( $x^k$ ), então, os estimadores podem ser considerados eficientes e consistentes.

Obtidas as estimativas de  $u^k$ , é possível calcular a medida de eficiência técnica para cada empresa e, da mesma forma, a medida de eficiência técnica média. Esta última medida é dada por:

$$ET^k = \frac{Y^k}{Y'_k} \quad (18)$$

em que  $Y'_k$  é o nível de produção sobre a fronteira, isto é, quando a ineficiência  $u^k = 0$ , então,  $Y'_k = f(x_i; \beta)e^{v_k}$  e  $Y^k = f(x_i; \beta)e^{v_k - u_k}$ , logo:

$$ET^k = \frac{f(x_i; \beta)e^{v_k - u_k}}{f(x_i; \beta)e^{v_k}} \quad (19)$$

Isto é,

$$ET^k = e^{-u_k} \quad (20)$$

Se a empresa observada apresentar um nível de produção  $Y'_k = Y^k$ , sua eficiência técnica é máxima, ou seja, igual a 1.

### 3.5.2 Função de produção determinística

Na prática, raramente a tecnologia  $T$  é conhecida. A análise da eficiência produtiva por meio da função de produção determinística supera essa problemática, estimando a tecnologia  $T^*$  a partir de dados históricos ou transversais observados sobre as atividades reais de produção. Portanto, a ideia subjacente da literatura da DEA é que as empresas possuem uma tecnologia comum, neste caso, denotada por  $T$ .

A possibilidade de estimação da tecnologia  $T$  de produção não é exclusividade da abordagem DEA. Isso também é feito em avaliações de desempenho com o uso de

métodos de estatística tradicional, abordagens contábeis, etc. O caso particular da abordagem DEA é a forma como a aproximação da tecnologia é construída e as resultantes propriedades das avaliações. Tecnicamente, a DEA usa programação matemática e uma abordagem de análise de atividade, enquanto os métodos estatísticos são geralmente baseados em uma abordagem de máxima verossimilhança.

Na DEA, a estimativa da tecnologia  $T$  é construída de acordo com o princípio da extrapolação mínima:  $T^*$ <sup>34</sup> é o menor subconjunto de  $\mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+^n$ ; ao construir o menor conjunto contendo as observações reais, o método extrapola o mínimo, que contém dados  $(x^k, y^k), k = 1, \dots, K$  e satisfaz certos pressupostos tecnológicos específicos da abordagem dada, como, por exemplo, livre disponibilidade (*free disposability*), alguma forma de convexidade e retorno de escala, conforme demonstração a seguir:

- A1: *Free disposability*. Pode produzir menos com mais, isto é:  $(x, y) \in T, x' \geq x, e y' \leq y \Rightarrow (x', y') \in T$ ;
- A2: *Convexity*. Qualquer média ponderada dos planos de produção viáveis é viável como:  $(x, y) \in T, (x', y') \in T, \alpha \in [0, 1] \Rightarrow \alpha(x, y) + (1 - \alpha)(x', y') \in T$
- A3:  $(\gamma)$  *Returns to scale*. A produção pode assumir alguma escala dado um conjunto de fatores:  $(x, y) \in T, k \in \Gamma(\gamma) \Rightarrow k.(x, y) \in T$ ;

O pressuposto da *free disposability* estipula que podem ser descartados *inputs* e *outputs* desnecessários. O pressuposto da *convexity* afirma que qualquer média ponderada (combinação convexa) de planos de produção viáveis também é viável. A convexidade é necessária para que os sistemas de mercado com coordenação baseadas em preços funcionem eficientemente. O pressuposto de *returns to scale* sugere que não pode haver desvantagem em ser um grande produtor e possivelmente é uma desvantagem ser pequeno.

Como mencionado anteriormente, os modelos DEA compartilham a ideia de estimar a tecnologia usando uma abordagem de extrapolação mínima, e eles apenas diferem nos pressupostos assumidos. Também foram apresentados os pressupostos inerentes aos retornos variáveis de escala, que é o método adotado para este estudo.

---

<sup>34</sup>  $T^*$ : tecnologia de referência empírica.

Combinando os pressupostos, pode ser definido um conjunto de parâmetros  $\Lambda$  dado por  $(\lambda \in \mathbb{R}_+^K)$ .

Bogetoft e Otto (2011) demonstram que a extrapolação mínima da tecnologia é dada por:

$$T^*(\gamma) = \left\{ (x, y) \in \mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+^n \mid \exists \lambda \in \Lambda^K(\gamma) : x \geq \sum_{k=1}^K \lambda^k x^k, y \leq \sum_{k=1}^K \lambda^k y^k \right\} \quad (21)$$

Em que:

$$\Lambda^K(\text{vrs}) = \left\{ \lambda \in \mathbb{R}_+^K \mid \sum_{k=1}^K \lambda^k = 1 \right\} \quad (22)$$

As estimativas da tecnologia, o conjunto  $T^*(\gamma)$ , derivam da factibilidade das observações e dos pressupostos da regularidade, usando o princípio de extrapolação mínima, ou seja, o menor conjunto  $T^*(\gamma)$ , que contém dados e cumpre os pressupostos contidos no modelo chamado  $(\gamma)$ , conforme apresentado na Equação (21).

Quando combinada a ideia de extrapolação mínima com a ideia de Farrell, de medir eficiência como uma melhoria proporcional, obtêm-se os programas matemáticos considerados sinônimos da abordagem DEA. No lado do *input*, mede-se a eficiência Farrell da empresa 0 como a eficiência do *input*, conforme a Equação (23):

$$E^0 = E((x^0, y^0); T^*) = \min\{E \in \mathbb{R}_+ \mid (Ex^0, y^0) \in T^*\} \quad (23)$$

Ao inserir na Equação (23) a formulação  $T^*(\gamma)$  apresentada na Equação (21), tem-se:

$$\begin{aligned} & \min_{E, \lambda^1, \dots, \lambda^K} E \\ & s. t \quad Ex^0 \geq \sum_{k=1}^K \lambda^k x^k, \end{aligned} \quad (24)$$

$$y^0 \leq \sum_{k=1}^K \lambda^k y^k,$$

$$\lambda \in \Lambda^K(\gamma)$$

Na forma mais estendida, o problema da Equação (24) pode ser expresso da seguinte forma:

$$\begin{aligned} & \min_{E, \lambda^1, \dots, \lambda^K} E & (25) \\ \text{s. t. } & Ex_i^0 \geq \sum_{k=1}^K \lambda^k x_i^k, \quad i = 1, \dots, m \\ & y^0 \leq \sum_{k=1}^K \lambda^k y_j^k, \quad j = 1, \dots, n \\ & \lambda \in \Lambda^K(\gamma) \end{aligned}$$

Denotando a solução ótima dos modelos apresentados nas Equações (24) e (25) por  $(E^*, \lambda^*)$ , sendo  $\lambda^* = 1, \dots, K$ , conforme já explorado, a  $(DMU k^0)$  é eficiente se e somente se  $E^* = 1$  e todas as folgas nas restrições são nulas na solução ótima. A situação oposta ocorre se  $E^* < 1$  ou se  $E^* = 1$ , com folgas positivas. Nestes dois últimos casos, a  $DMU k^0$  é vista como ineficiente. Já os coeficientes  $\lambda_K^* > 0$ ,  $k = 1, \dots, K$  indicam as DMU que compõem o conjunto de referência (*peer set*) da  $DMU k^0$ .

O modelo acima pressupõe que as DMU avaliadas apresentem retornos variáveis de escala, determinando uma fronteira que considera retornos crescentes ou decrescentes de escala na fronteira eficiente. Considera que um acréscimo no insumo poderá promover um acréscimo ou até mesmo um decréscimo no produto, não necessariamente proporcional.

### 3.5.3 Orientação ao *input* e eficiência

Quando uma empresa transforma  $x$  unidades de determinado insumo em  $y$  unidades de determinado produto, é possível avaliar sua eficiência a partir do quociente de produtividade total  $\frac{y}{x}$ . Este problema pode ser generalizado para situações de múltiplos insumos e múltiplos produtos, conforme a equação a seguir:

$$Eficiência = \frac{u_1 y_1 + u_2 y_2 + \dots + u_m y_m}{v_1 x_1 + v_2 x_2 + \dots + v_n x_n} = \frac{U \cdot Y}{V \cdot X} \quad (26)$$

Na equação acima, os vetores  $V = (v_1, v_2, \dots, v_n)$  e  $U = (u_1, u_2, \dots, u_m)$  representam os pesos atribuídos aos insumos e produtos, respectivamente. Essa equação demonstra a técnica que determina o índice de eficiência que assume valores entre 0 e 1. No caso geral, o problema consiste em definir o índice de eficiência de uma empresa  $k$  como a combinação linear de cada um dos  $m$  produtos divididos pela combinação linear dos insumos  $n$ , conforme indicado a seguir:

$$\frac{\sum_j u_j Y_{jk}}{\sum_i v_i X_{ik}} = \frac{u Y_k}{v X_k} \leq 1 \quad (27)$$

Em que:

$k: 1, \dots, K$  empresas;

$i: 1, \dots, m$  insumos de cada empresa;

$j: 1, \dots, n$  produtos de cada empresa;

$u$  e  $v$ : vetores de pesos dos produtos e insumos

Analisando as opções da metodologia DEA, o modelo mais apropriado para esta análise foi o modelo VRS com orientação ao insumo, pois, como o objetivo é avaliar a eficiência alcançando os menores custos possíveis, dados os níveis de produção, não seria viável que altos custos fossem compensados com a elevação dos *outputs*.



A eficiência técnica será mensurada por meio da abordagem de orientação ao insumo. Conforme apontado por Deprins, Simar e Tulkens (1984), a orientação ao *input* é a mais adequada, visto que as companhias podem se tornar mais eficientes apenas fornecendo determinado nível de *output*, a partir da utilização de uma menor quantidade de *input*.

#### 3.5.4 Eficiência intertemporal medidas pelo Índice de Malmquist

Nos modelos DEA, a análise se desenvolve em condições estáticas, isto é, os dados são modelados para um período específico. O Índice de Malmquist surge como uma extensão dessa abordagem não paramétrica, sob situações dinâmicas; ou seja, permite analisar o desempenho da eficiência em períodos de tempos diferentes.

Nessa linha, Sueyoshi e Aoki (2001) destacam que o Índice de Malmquist se caracteriza por ter a capacidade de medir a mudança, em termos de produtividade total dos fatores, entre diferentes períodos. Para Cooper, Seiford e Tone (2007), o Índice de Malmquist representa o crescimento da produtividade total dos fatores de produção (PTF), de uma DMU na medida em que reflete as alterações em termos de eficiência técnica (emparelhamento), em conjunto com as mudanças no progresso técnico entre os períodos distintos (deslocamento da fronteira).

Ferreira e Gomes (2009) mencionam que o Índice de Malmquist é dividido em dois efeitos – emparelhamento e deslocamento da fronteira – que permitem, respectivamente, analisar o aumento ou a redução da eficiência técnica produtiva ao longo do tempo, isto é, verificar as melhorias contínuas no processo de produção e nos produtos, dada a mesma tecnologia, e refletir os avanços na produtividade da DMU, devido às inovações tecnológicas.

##### 3.5.4.1 Efeito de emparelhamento

Para analisar os efeitos do emparelhamento, considera-se um conjunto de  $K$  DMU  $(x_k, y_k)$ ,  $k = 1, 2, \dots, K$ . Cada uma dispõe de  $m$  insumos denotados por um vetor  $x_m \in \mathbb{R}^m$  e  $n$  produtos denotados por um vetor  $y_n \in \mathbb{R}^n$  nos períodos  $t$  e  $t + 1$ . Além disso,  $x_k > 0$  e  $y_k > 0$ ,  $\forall k$ . Para denotar a  $DMU_o$ , nos períodos  $t$  e  $t + 1$ , admite-se que  $(x_o, y_o)^t = (x_o^t, y_o^t)$  e  $(x_o, y_o)^{t+1} = (x_o^{t+1}, y_o^{t+1})$ , respectivamente. Assim, o efeito do período  $t + 1$  para o período  $t$  é mensurado da seguinte forma:

$$\text{Emparelhamento} = \frac{\text{Eficiência de } (x_o, y_o)^{t+1} \text{ em relação a fronteira do período } t + 1}{\text{Eficiência de } (x_o, y_o)^t \text{ em relação a fronteira do período } t} \quad (28)$$

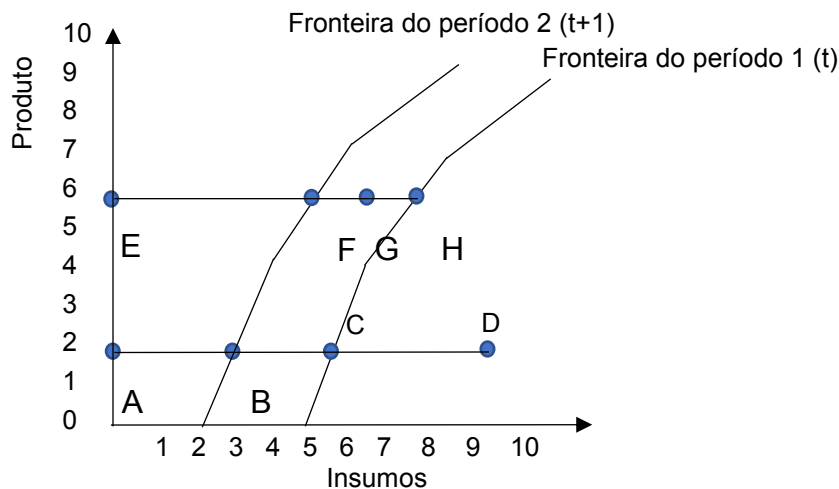
Admitindo que as notações  $\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})$  e  $\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)$  representam os escores da  $DMU_o$  no período  $t$  e  $t + 1$ , respectivamente, a equação pode ser escrita como:

$$\text{Emparelhamento} = \frac{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)} \quad (29)$$

em que  $\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})$  é a eficiência técnica da  $DMU_o$  no período de tempo  $t + 1$ , e  $\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)$ : é a eficiência técnica da  $DMU_o$  no período de tempo  $t$ .

Supondo um modelo com único insumo e produto, pode-se representar o emparelhamento da seguinte forma:

FIGURA 12 – EMPARELHAMENTO E PROGRESSO TÉCNICO



FONTE: Cooper, Seiford e Tone (2007)

O emparelhamento na FIGURA 12 é representado pela seguinte expressão:

$$\text{Emparelhamento} = \frac{EF}{EG} \bigg/ \frac{AC}{AD} \quad (30)$$

A análise do emparelhamento é feita sob três perspectivas:

- a) *emparelhamento em*  $(t + 1) > 1$ ; a eficiência técnica no período  $t + 1$  melhorou em relação ao período  $t$ ;
- b) *emparelhamento em*  $(t + 1) = 1$ ; a eficiência técnica no período  $t + 1$  permaneceu a mesma verificada no período  $t$ ;
- c) *emparelhamento em*  $(t + 1) < 1$ ; a eficiência técnica no período  $t + 1$  piorou em relação ao período  $t$ .

#### 3.5.4.2 Efeito da inovação tecnológica

Os avanços na produtividade de uma empresa podem resultar também de inovações tecnológicas. Desse modo, além do emparelhamento, observa-se, na **FIGURA 12**, que pode ocorrer um deslocamento da fronteira eficiente resultante da introdução de tecnologias mais avançadas. O deslocamento da fronteira é representado pelas mudanças nas posições do ponto C, no período  $t$ , para o ponto B, no período  $t + 1$ , e do ponto H, no período  $t$ , para o ponto F, no período  $t + 1$ . Logo, as medidas do deslocamento da fronteira estão relacionadas às eficiências técnicas medidas pelas razões dos respectivos segmentos de reta:

$$\theta_1 = \frac{AC}{AB} = \left( \frac{AC}{AD} \bigg/ \frac{AB}{AD} \right); \quad \theta_2 = \frac{EH}{EF} = \left( \frac{EH}{EG} \bigg/ \frac{EF}{EG} \right) \quad (31)$$

A partir de  $\theta_1$  e  $\theta_2$ , é possível definir o efeito de deslocamento da fronteira por meio da média geométrica entre tais valores:

$$\text{Efeito de deslocamento da fronteira, } \varphi = \sqrt{\theta_1 \theta_2} \quad (32)$$

$$\text{onde } \theta_1 \times \theta_2 = \frac{AC}{AB} \times \frac{EH}{EF}$$

O  $\varphi > 1$  indica que houve progresso tecnológico no período  $t + 1$  em relação ao período  $t$ , com deslocamento da fronteira da  $DMU_o$ , enquanto  $\varphi = 1$  indica que não houve mudança tecnológica e  $\varphi < 1$  indica que houve regressão na fronteira tecnológica.

O Índice de Malmquist (IM) da  $DMU_o$  é calculado multiplicando-se o efeito emparelhamento pelo índice do deslocamento da fronteira. Logo, juntando os termos da equação (31), tem-se:

$$IM_o = \frac{AD}{EG} \sqrt{\frac{EH}{AC} \times \frac{EF}{AB}}, \quad (33)$$

O primeiro termo da equação (33) refere-se à mudança no desempenho, e o segundo termo representa a alteração relativa usada para avaliar o comportamento. Considerando as equações (29) e (32), o efeito deslocamento da fronteira é representado da seguinte forma:

$$F = \left[ \frac{\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)}{\theta_o^{t+1}(x_o^t, y_o^t)} \times \frac{\theta_o^t(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})} \right]^{1/2} \quad (34)$$

Multiplicando a equação (29) pela (34) e realizando as operações algébricas, obtém-se o IM, dado por:

$$IM_o = \left[ \frac{\theta_o^t(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)} \times \frac{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{\theta_o^{t+1}(x_o^t, y_o^t)} \right]^{1/2} \quad (35)$$

A equação (35) mostra que o IM é composto por quatro termos, sendo dois correspondentes aos períodos  $t$  e  $t + 1$ , dado por  $\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)$  e  $\theta_o^{t+1}(x_o^t, y_o^t)$ ,

respectivamente, enquanto os outros dois,  $\theta_o^t(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})$  e  $\theta_o^{t+1}(x_o^t, y_o^t)$ , referem-se à comparação intertemporal.

O  $IM_o$  é uma medida de mudança na produtividade total da  $DMU_o$ , com eficiências técnicas orientadas ao insumo, entre os períodos  $t + 1$  e  $t$ , sendo, que:

- a)  $IM_o > 1$ ; a produtividade da  $DMU_o$  melhorou ao longo do tempo;
- b)  $IM_o = 1$ ; a produtividade da  $DMU_o$  permaneceu a mesma; e
- c)  $IM_o < 1$ ; a produtividade da  $DMU_o$  piorou ao longo do tempo.

#### 3.5.4.3 Decomposição do Índice de Malmquist

O  $IM_o$  pode ser apresentado na forma decomposta, conforme a seguinte expressão:

$$IM_o = \frac{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)} \left[ \frac{\theta_o^t(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)} \times \frac{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{\theta_o^{t+1}(x_o^t, y_o^t)} \right]^{1/2} \quad (36)$$

A razão do termo fora dos parênteses na equação (36) mensura a eficiência relativa (ou mudança técnica), que indica se a produção da  $DMU_o$  está se aproximando ou se afastando da fronteira. A média geométrica das razões dos dois termos no interior dos parênteses mede a alteração da tecnologia (mudança da eficiência) entre os dois períodos de tempo  $t + 1$  e  $t$ . Färe et al. (1994) destacam que a análise desses índices parciais é relevante para verificar se um aumento da eficiência relativa de um ano para outro está relacionado à expansão na produtividade da DMU avaliada ou à redução da fronteira de produção.

#### 4. FRONTEIRA ESTOCÁSTICA DE PRODUÇÃO

Este capítulo se destina a apresentar os resultados da mensuração da eficiência relativa, obtidos a partir da técnica de Fronteira Estocástica de Produção (SFA) e gerados pelo *software* R, conforme descrito na metodologia.

##### 4.1 EFICIÊNCIA TÉCNICA MEDIDA POR SFA

Adotados os critérios citados na metodologia, restaram, do universo inicial de companhias de saneamento do Brasil, 18 empresas que possuíam estruturas operacionais similares. Em cumprimento ao proposto neste estudo, foram obtidos os níveis de eficiência para as empresas nos anos de 2004 a 2015. Quanto ao modelo de fronteira, segue a especificação apresentada na equação (15) para todos os anos:

$$\ln \frac{1}{Opex^k} = \beta_0 + \beta_1 \ln \%T^k + \beta_2 \ln L^k + \beta_3 \ln R^k + v^k - u^k \quad (37)$$

em que:

*Opex*: Gastos Operacionais

*%T*: Percentual de esgoto tratado

*L*: Número de ligações

*R*: Comprimento da rede (km)

Aplicando uma transformação algébrica em (37) e isolando o Opex, tem-se:

$$\begin{aligned} \ln Opex^{-1} &= \beta_0 + \beta_1 \ln \%T^k + \beta_2 \ln L^k + \beta_3 \ln R^k + v^k - u^k \\ - \ln Opex &= \beta_0 + \beta_1 \ln \%T^k + \beta_2 \ln L^k + \beta_3 \ln R^k + v^k - u^k \\ \ln Opex &= -(\beta_0 + \beta_1 \ln \%T^k + \beta_2 \ln L^k + \beta_3 \ln R^k + v^k - u^k) \\ \widehat{Opex} \text{ (estimado)} &= e^{-(\beta_0 + \beta_1 \ln \%T^k + \beta_2 \ln L^k + \beta_3 \ln R^k + v^k - u^k)} \end{aligned}$$

A eficiência de uma DMU é calculada por:

$$\text{Eficiência} = 1 - \left( \frac{Opex - \widehat{Opex}}{Opex} \right) \quad (38)$$

Os parâmetros do modelo especificado pela equação (37) foram estimados a partir do método de máxima verossimilhança, conforme apresentado na metodologia. Foram utilizados os dados do anexo, onde estão registrados os *inputs* e *outputs*. Em relação aos parâmetros, foram obtidos a partir da função SFA do pacote R, que estimou uma fronteira de produção de Cobb-Douglas.

Para todos os anos apresentados na sequência, a verificação do pressuposto de normalidade do modelo foi realizada por meio do teste de normalidade de Shapiro-Wilk, o qual sugere a não rejeição da hipótese nula.

O teste de Shapiro-Wilk testa a hipótese nula de que uma amostra  $x_1, \dots, x_n$  veio de uma população normalmente distribuída. A estatística do teste é:  $W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ , em que:

$x_{(i)}$ : é a  $i$ -ésima estatística de ordem, isto é, o  $i$ -ésimo menor número da amostra;

$\bar{x} = \frac{(x_1, \dots, x_n)}{n}$ : é a média da amostra

As constantes  $a_i$  são dadas por:  $(a_1, \dots, a_n) = \frac{m^T V^{-1}}{(m^T V^{-1} V^{-1} m)^{1/2}}$ , em que:

$m = (m_1, \dots, m_n)^T$ , e  $(m_1, \dots, m_n)$  são os valores esperados da estatística de ordem de variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas da amostra da distribuição normal padrão, e  $V$  é a matriz de covariância dessas estatísticas de ordem.

Adicionalmente, foi realizado o teste  $t$  para a nulidade da média. Esse teste sugeriu a não rejeição da hipótese nula, fornecendo indicativo favorável à adequabilidade do modelo.

Dada a natureza não linear do modelo, a interpretação direta de valores dos parâmetros associados às covariáveis se torna inviável. No entanto, tais valores são aplicados ao modelo de modo a produzir as estimativas da fronteira eficiente.

Para alguns anos, o ajuste do modelo retornou estimativas de parâmetros, cuja nulidade não pode se rejeitar com base no teste  $t$ ; contudo, optou-se em mantê-las pelo significado prático que essas covariáveis apresentam.

#### 4.1.1 Análise da eficiência das companhias no ano de 2015

A TABELA 1 apresenta os parâmetros do modelo especificado para o ano de 2015.

TABELA 1 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2015

	<b>Parâmetros</b>	<b>Std.err</b>	<b>t-value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
Intercepto	-10,456	1,681 e-02	-62,221	0,000
Percentual tratado	0,060	8,905 e-00	6,785	0,000
Ligações	-0,341	2,906 e-01	-11,744	0,000
Rede	-0,492	2,167 e-01	-22,728	0,000
$\lambda$	981	5,702 e-06	0,172	0,866
$\sigma^2$	0,052			
$\sigma_v^2$	5,499 e-08			
$\sigma_u^2$	0,052			
log likelihood	13,362			

FONTE: Resultados da pesquisa

Nesse modelo, o  $\lambda^{35}$  estimado é 981, o que significa que a variação do resíduo total é devida principalmente à ineficiência, enquanto os resíduos aleatórios são menos significativos, isto é, a porcentagem da variação total devido à variação da eficiência é de 100%<sup>36</sup>. A variância estimada da variação da ineficiência é  $\sigma_u^2 = 0,052$ , consideravelmente maior que a variação dos erros aleatórios  $\sigma_v^2 = 5,499 e^{-8}$ .

<sup>35</sup> O  $\lambda$  é a razão entre a variância de  $u$  e  $v$ . Quanto maior for a variância do  $u$  em relação ao  $v$ , maior é o efeito da ineficiência.

<sup>36</sup> Os números demonstram que não é exatamente igual a 1,00 em virtude da quantidade de casas utilizadas, mas é muito próximo. Para todos os anos observados, será feita menção a 1,00, mas ressalta-se que há esta nuance.



Substituindo os parâmetros estimados, apresentados na TABELA 1, na equação (37), juntamente com os respectivos quantitativos de índices de esgoto tratado e número de ligações e redes, chega-se aos índices de eficiência apresentados na tabela a seguir.

TABELA 2 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2015 (SFA)

<b>Empresa</b>	<b>Prestador</b>	<b>Eficiência</b>
<b>1</b>	<b>Agespisa</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cagece</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Cosanpa</b>	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>Sanepar</b>	<b>1</b>
5	Copasa	0,92
6	Deso	0,92
7	Saneago	0,9
8	Caern	0,89
9	Embasa	0,89
10	Cesan	0,87
11	Caema	0,82
12	Casal	0,82
13	Compesa	0,8
14	Sabesp	0,76
15	Casan	0,74
16	Cedae	0,69
17	Cagepa	0,67
18	Corsan	0,59

FONTE: Resultados da pesquisa

Os valores estimados das eficiências técnicas das empresas de saneamento individuais são dados na TABELA 2. A eficiência técnica ficou entre 0,59 e 1. A eficiência média das empresas é 0,81, sugerindo que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 19%. Também fica evidente que 14 das 18 empresas operaram abaixo do nível de eficiência, o que representa 78%. Isso implica que um pequeno grupo de empresas da amostra é considerado eficiente. A TABELA 2 sinaliza que as empresas em geral não fizeram uso das melhores técnicas e métodos de produção para obter o máximo de produção possível.

O valor estimado da eficiência técnica média do setor de saneamento demonstra que, em média, as empresas produziram cerca de 78% do rendimento máximo alcançável que poderiam produzir a partir dos recursos disponíveis.

#### 4.1.2 Análise da eficiência das companhias no ano de 2014

A TABELA 3 apresenta os parâmetros do modelo especificado para o ano de 2014.

TABELA 3 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2014

	Parâmetros	Std.err	t-value	Pr(> t )
Intercepto	-10,638	1,447	-7,351	0,000
Percentual tratado	0,087	0,320	0,272	0,007
Ligações	-0,341	0,316	-1,078	0,003
Rede	-0,480	0,173	-2,766	0,017
$\lambda$	915	9.003	0,101	0,920
$\sigma^2$	0,081			
$\sigma_v^2$	9,745 e-08			
$\sigma_u^2$	0,081			
log likelihood	9,465			

FONTE: Resultados da pesquisa

Nesse modelo, o  $\lambda$  estimado é 915, o que significa que a variação do resíduo total é devida principalmente à ineficiência, enquanto os erros aleatórios são menos significativos, isto é, a porcentagem da variação total devido à variação da eficiência é de 100%. A variância estimada da variação da ineficiência é  $\sigma_u^2 = 0,081$ , consideravelmente maior que a variação dos erros aleatórios  $\sigma_v^2 = 9,745 e^{-08}$ .

Substituindo os parâmetros estimados, apresentados na TABELA 3, na equação (37), juntamente com os respectivos índices de esgoto tratado, número de ligações e redes, chega-se aos índices de eficiência apresentados na tabela a seguir.

TABELA 4 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2014 (SFA)

<b>Empresa</b>	<b>Prestador</b>	<b>Eficiência</b>
<b>1</b>	<b>Cagece</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cosanpa</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Sanepar</b>	<b>1</b>
4	Casal	0,92
5	Copasa	0,89
6	Saneago	0,89
7	Caern	0,88
8	Deso	0,86
9	Caema	0,85
10	Embasa	0,84
11	Cesan	0,81
12	Compesa	0,77
13	Agespisa	0,75
14	Casan	0,71
15	Cedae	0,7
16	Cagepa	0,65
17	Sabesp	0,56
18	Corsan	0,54

FONTE: Resultados da pesquisa

Os valores estimados das eficiências técnicas das empresas de saneamento individuais são apresentados na TABELA 4. A eficiência técnica se estabeleceu entre 0,54 e 1. A eficiência média das empresas foi 0,81, sugerindo que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 19%. Também fica evidente que houve 15 empresas, das 18, que operaram abaixo do nível de eficiência, o que representa 83%. A TABELA 4 sinaliza que as empresas, em geral, não adotaram as melhores técnicas e métodos de produção que lhes conduziriam ao máximo de produção possível.

#### 4.1.3 Análise da eficiência das companhias no ano de 2013

A TABELA 5 apresenta os parâmetros do modelo especificado para o ano de 2013.

TABELA 5 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2013

	Parâmetros	Std.err	t-value	Pr(> t )
Intercepto	-6,000	1,273	-4,712	0,000
Percentual tratado	-0,353	0,161	-2,185	0,049
Ligações	-0,155	0,230	-0,676	0,511
Rede	-0,742	0,249	-2,975	0,011
$\lambda$	2,524	2,004	1,259	0,231
$\sigma^2$	0,159			
$\sigma_v^2$	0,021			
$\sigma_u^2$	0,137			
log likelihood	-1,271			

FONTE: Resultados da pesquisa

Nesse modelo, o  $\lambda$  estimado é 2,524, o que significa que a variação do resíduo total deve-se principalmente à ineficiência, enquanto os resíduos aleatórios são menos significativos (14%), isto é, a porcentagem da variação total em virtude da variação da eficiência é de 86%. A variância estimada da variação da ineficiência é  $\sigma_u^2 = 0,137$ , consideravelmente maior que a variação dos erros aleatórios  $\sigma_v^2 = 0,021$ .

Substituindo os parâmetros estimados, apresentados na TABELA 5, na equação (37), juntamente com os respectivos índices de esgoto tratado, número de ligações e redes, chega-se aos índices de eficiência apresentados na tabela a seguir.

TABELA 6 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2013 (SFA)

<b>Empresa</b>	<b>Prestador</b>	<b>Eficiência</b>
<b>1</b>	<b>Cagece</b>	<b>1</b>
2	Caema	0,97
3	Sanepar	0,96
4	Casal	0,92
5	Saneago	0,92
6	Caern	0,91
7	Compesa	0,85
8	Copasa	0,85
9	Embasa	0,85
10	Deso	0,83
11	Cagepa	0,82
12	Cesan	0,82
13	Agespisa	0,81
14	Casan	0,67
15	Sabesp	0,66
16	Cosanpa	0,58
17	Cedae	0,57
18	Corsan	0,45

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica para o ano de 2013 esteve entre 0,45 e 1. A eficiência média foi de 0,80, sugerindo que existia um potencial para melhorar a produtividade do setor em 20%. Também fica evidente que 17 empresas, das 18, operaram abaixo do nível de eficiência, o que representa 95%. A TABELA 6 sinaliza que as empresas, em geral, não adotaram as melhores técnicas e métodos de produção que lhes conduziram ao máximo de produção possível.

#### 4.1.4 Análise da eficiência das companhias no ano de 2012

A TABELA 7 apresenta os parâmetros do modelo especificado para o ano de 2012.

TABELA 7 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2012

	<b>Parâmetros</b>	<b>Std.err</b>	<b>t-value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
Intercepto	- 6,423	2,402	- 2,674	0,020
Percentual tratado	- 0,157	0,221	- 0,711	0,490
Ligações	- 0,041	0,397	- 0,103	0,919
Rede	- 0,860	0,354	- 2,428	0,031
$\lambda$	0,578	5,615	0,103	0,919
$\sigma^2$	0,1165			
$\sigma_v^2$	0,0874			
$\sigma_u^2$	0,0291			
log likelihood	-4,631			

FONTE: Resultados da pesquisa

Nesse modelo, o  $\lambda$  estimado foi de 0,578, o que significa que a variação do resíduo total se deve principalmente ao erro estocástico, isto é, a porcentagem da variação total devido à variação da eficiência é de 25%. A variância estimada da variação da ineficiência é  $\sigma_u^2 = 0,0291$ , consideravelmente maior que a variação dos erros aleatórios  $\sigma_v^2 = 0,0874$ .

Substituindo os parâmetros estimados, apresentados na TABELA 7, na equação (37), juntamente com os respectivos índices de esgoto tratado, número de ligações e redes, chega-se aos índices de eficiência apresentados na tabela a seguir.

TABELA 8 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2012 (SFA)

<b>Empresa</b>	<b>Prestador</b>	<b>Eficiência</b>
1	Sanepar	1
2	Caema	0,99
3	Cagece	0,99
4	Casal	0,95
5	Caern	0,94
6	Saneago	0,94
7	Cagepa	0,93
8	Copasa	0,93
9	Agespisa	0,91
10	Compesa	0,91
11	Embasa	0,9
12	Cesan	0,89
13	Deso	0,89
14	Cosanpa	0,87
15	Sabesp	0,86
16	Cedae	0,82
17	Casan	0,81
18	Corsan	0,71

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica para o ano de 2012 esteve entre 0,71 e 1. A eficiência média foi de 0,90, sugerindo que existia um potencial para melhorar a produtividade do setor em 10%. Também fica evidente que, das 18 empresas, 17 operaram abaixo do nível de eficiência, o que representa 95%. A TABELA 8 sinaliza que as empresas, em geral, não adotaram as melhores técnicas e métodos de produção para obter o máximo de produção possível.

#### 4.1.5 Análise da eficiência das companhias no ano de 2011

A TABELA 9 apresenta os parâmetros do modelo especificado para o ano de 2011.

TABELA 9 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2011

	Parâmetros	Std.err	t-value	Pr(> t )
Intercepto	-7,219	1,778	-4.060	0,001
Percentual tratado	-0,192	0,161	-1.188	0,257
Ligações	-0,342	0,249	-1.375	0,194
Rede	-0,595	0,239	-2.495	0,028
$\lambda$	0,000	8,141	0,0247	0,999
$\sigma^2$	0,087			
$\sigma_v^2$	0,087			
$\sigma_u^2$	-3,511 e-09			
log likelihood	-3,568			

FONTE: Resultados da pesquisa

Nesse modelo, o  $\lambda$  estimado foi de 0,000, o que significa que não há variação do resíduo provocado pela ineficiência, isto é, a porcentagem da variação total devido à variação da eficiência é de 0%. A variância estimada da variação da ineficiência é  $\sigma_u^2 = -3,511 e - 09$ , infimamente menor que a variação dos erros aleatórios  $\sigma_v^2 = 0,087$ . Isto é, o  $\lambda$  é a razão entre a variância de  $u$  e  $v$ . Quanto maior for a variância do  $u$  em relação ao  $v$ , maior é o efeito da ineficiência.

Substituindo os parâmetros estimados, apresentados na TABELA 9, na equação (37), juntamente com os respectivos índices de esgoto tratado, número de ligações e redes, chega-se aos índices de eficiência apresentados na tabela a seguir.

TABELA 10 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2011 (SFA)

<b>Empresa</b>	<b>Prestador</b>	<b>Eficiência</b>
<b>1</b>	<b>Cagece</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Copasa</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Sanepar</b>	<b>1</b>
4	Caern	0,92
5	Deso	0,91
6	Agespisa	0,88
7	Casal	0,87
8	Compesa	0,82
9	Saneago	0,81
10	Embasa	0,77
11	Cesan	0,73
12	Cagepa	0,72
13	Caema	0,71
14	Cosanpa	0,71
15	Casan	0,62
16	Corsan	0,6
17	Cedae	0,54
18	Sabesp	0,51

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica para o ano de 2011 esteve entre 0,51 e 1. A eficiência média foi de 0,81, sugerindo que existia um potencial para melhorar a produtividade do setor em 19%. Também fica evidente que houve 15 empresas, das 18, que operaram abaixo do nível de eficiência, o que representa 83%. A TABELA 10 sinaliza que as empresas, em geral, não adotaram as melhores técnicas e métodos de produção que lhes conduziria ao máximo de produção possível.



#### 4.1.6 Análise da eficiência das companhias no ano de 2010

A TABELA 11 apresenta os parâmetros do modelo especificado para o ano de 2010.

TABELA 11 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2010

	<b>Parâmetros</b>	<b>Std.err</b>	<b>t-value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
Intercepto	-10,144	5,815e+02	-17,444	0,000
Percentual tratado	0,073	3,946e+01	1,852	0,088
Ligações	-0,520	8,238e+01	-6,309	0,000
Rede	-0,248	4,425e+01	-5,612	0,000
$\lambda$	1006,305	3,089e+06	0,326	0,750
$\sigma^2$	0,177			
$\sigma_v^2$	1,751 e-07			
$\sigma_u^2$	0,177			
log likelihood	2,497			

FONTE: Resultados da pesquisa

Nesse modelo, o  $\lambda$  estimado é 1006, o que significa que a variação do resíduo total é devida principalmente à ineficiência, enquanto os erros aleatórios são menos significativos, isto é, a porcentagem da variação total devido à variação da eficiência é de 100%. A variância estimada da variação da ineficiência é  $\sigma_u^2 = 0,177$ , consideravelmente maior que a variação dos erros aleatórios  $\sigma_v^2 = 1,751 e^{-7}$ .

Substituindo os parâmetros estimados, apresentados na TABELA 11, na equação (37), juntamente com os respectivos índices de esgoto tratado, número de ligações e redes, chega-se aos índices de eficiência apresentados na tabela a seguir.

TABELA 12 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2010 (SFA)

<b>Empresa</b>	<b>Prestador</b>	<b>Eficiência</b>
<b>1</b>	<b>Cagece</b>	<b>1,00</b>
<b>2</b>	<b>Sanepar</b>	<b>1,00</b>
<b>3</b>	<b>Cosanpa</b>	<b>1,00</b>
4	Casal	0,99
5	Caern	0,93
6	Saneago	0,91
7	Caema	0,83
8	Cesan	0,81
9	Embasa	0,76
10	Copasa	0,73
11	Compesa	0,73
12	Deso	0,73
13	Cagepa	0,64
14	Casan	0,62
15	Agespisa	0,60
16	Sabesp	0,48
17	Cedae	0,45
18	Corsan	0,39

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica está entre 0,39 e 1. A eficiência média das empresas é 0,76, sugerindo que havia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 24%. Também fica evidente que 15 das 18 empresas operaram abaixo do nível de eficiência, o que representa 83% do total da amostra. A TABELA 12 indica que as empresas, em geral, mostraram ausência das melhores técnicas e métodos de produção para obter o máximo de produção possível.

#### 4.1.7 Análise da eficiência das companhias no ano de 2009

A TABELA 13 apresenta os parâmetros do modelo especificado para o ano de 2009.

TABELA 13 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2009

	Parâmetros	Std.err	t-value	Pr(> t )
Intercepto	-8,594	3,104 e-01	-27,691	0,000
Percentual tratado	-0,016	1,954 e-02	-0,798	0,440
Ligações	-0,713	4,706 e-02	-15,142	0,000
Rede	-0,086	2,869 e-02	-2,990	0,011
$\lambda$	530,817	1,586 e+03	0,335	0,743
$\sigma^2$	0,151			
$\sigma_v^2$	5,344 e-7			
$\sigma_u^2$	0,151			
log likelihood	3,954			

FONTE: Resultados da pesquisa

Nesse modelo, o  $\lambda$  estimado foi de 530, o que significa que a variação do resíduo total se deve principalmente à ineficiência, enquanto os erros aleatórios são menos significativos, isto é, a porcentagem da variação total devido à variação da eficiência é de aproximadamente 100%. A variância estimada variação da ineficiência é  $\sigma_u^2 = 0,151$ , consideravelmente maior que a variação dos erros aleatórios  $\sigma_v^2 = 0,151$ .

Substituindo os parâmetros estimados, apresentados na TABELA 13, na equação (37), juntamente com os respectivos índices de esgoto tratado, número de ligações e redes, chega-se aos índices de eficiência apresentados na tabela a seguir.

TABELA 14 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2009 (SFA)

<b>Empresa</b>	<b>Prestador</b>	<b>Eficiência</b>
<b>1</b>	<b>Cagece</b>	<b>1,00</b>
<b>2</b>	<b>Caema</b>	<b>1,00</b>
<b>3</b>	<b>Sanepar</b>	<b>1,00</b>
<b>4</b>	<b>Caern</b>	<b>1,00</b>
5	Saneago	0,88
6	Cagepa	0,85
7	Casal	0,83
8	Embasa	0,82
9	Compesa	0,79
10	Cosanpa	0,78
11	Copasa	0,77
12	Cesan	0,77
13	Deso	0,77
14	Agespisa	0,70
15	Casan	0,62
16	Corsan	0,53
17	Sabesp	0,49
18	Cedae	0,36

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica para o ano de 2009 ficou entre 0,36 e 1. A eficiência média foi de 0,78, sugerindo que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 22%. Também fica evidente que 14 das 18 empresas operaram abaixo do nível de eficiência, o que representa 78%. A TABELA 14 sinaliza que, em média, as empresas produziram 78% daquilo que poderiam produzir, ou seja, não fizeram uso das melhores técnicas e métodos de produção para obter o máximo de produção possível.

#### 4.1.8 Análise da eficiência das companhias no ano de 2008

A TABELA 15 apresenta os parâmetros do modelo especificado para o ano de 2008.

TABELA 15 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2008

	<b>Parâmetros</b>	<b>Std.err</b>	<b>t-value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
Intercepto	-8,075	4,223	-1,912	0,080
Percentual tratado	-0,123	0,258	-0,477	0,641
Ligações	-0,668	0,597	-1,119	0,284
Rede	-0,149	0,325	-0,458	0,655
$\lambda$	237,752	1344,24	0,177	0,862
$\sigma^2$	0,1598			
$\sigma_v^2$	2,823 e-06			
$\sigma_u^2$	0,1598			
log likelihood	3,387			

FONTE: Resultados da pesquisa

Nesse modelo, o  $\lambda$  estimado foi de 237, o que significa que a variação do resíduo total é devida principalmente à ineficiência, isto é, a porcentagem da variação total devido à variação da ineficiência é de aproximadamente 100%. A variância estimada da variação da ineficiência é  $\sigma_u^2 = 0,1598$ , consideravelmente maior que a variação dos erros aleatórios  $\sigma_v^2 = 2,823 e - 06$ . Isto é, o  $\lambda$  é a razão entre a variância de  $u$  e  $v$ . Quanto maior for a variância do  $u$  em relação ao  $v$ , maior é o efeito da ineficiência.

Substituindo os parâmetros estimados, apresentados na TABELA 15, na equação (37), juntamente com os respectivos índices de esgoto tratado, número de ligações e redes, chega-se aos índices de eficiência apresentados na tabela a seguir.

TABELA 16 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2008 (SFA)

<b>Empresa</b>	<b>Prestador</b>	<b>Eficiência</b>
<b>1</b>	<b>Cagece</b>	<b>1,00</b>
<b>2</b>	<b>Sanepar</b>	<b>1,00</b>
<b>3</b>	<b>Caema</b>	<b>1,00</b>
4	Casal	0,96
5	Caern	0,93
6	Saneago	0,85
7	Embasa	0,82
8	Deso	0,82
9	Agespisa	0,80
10	Compesa	0,78
11	Cesan	0,77
12	Cagepa	0,77
13	Copasa	0,70
14	Casan	0,60
15	Cosanpa	0,60
16	Corsan	0,57
17	Sabesp	0,50
18	Cedae	0,35

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica das empresas para o período de 2008 esteve entre 0,35 e 1. A eficiência média foi de 0,77, sugerindo que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 23%. Também fica evidente que, das 18 empresas avaliadas, 15 operaram abaixo do nível de eficiência, o que representa 83%. O valor estimado da eficiência técnica média do setor de saneamento para o período de 2008 demonstra que, em média, as empresas produziram cerca de 83% do rendimento máximo que poderiam produzir a partir dos recursos disponíveis.

#### 4.1.9 Análise da eficiência das companhias no ano de 2007

A TABELA 17 apresenta os parâmetros do modelo especificado para o ano de 2007.

TABELA 17 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2007

	<b>Parâmetros</b>	<b>Std.err</b>	<b>t-value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
Intercepto	-9,0927	1,48E+03	-6,126	0,000
Percentual tratado	-0,0966	8,20E+01	-1,179	0,261
Ligações	-0,2921	1,13E+02	-2,593	0,023
Rede	-0,5017	2,06E+02	-2,434	0,031
$\lambda$	553,80	1,49E+06	0,373	0,715
$\sigma^2$	0,2251			
$\sigma_v^2$	7,343 e-01			
$\sigma_u^2$	0,2251			
log likelihood	0,3391			

FONTE: Resultados da pesquisa

Nesse modelo, o  $\lambda$  estimado foi de 553, o que significa que há variação do resíduo total provocado pela ineficiência, isto é, a porcentagem da variação total devido à variação da eficiência é de aproximadamente 100%. A variância estimada da variação da ineficiência é  $\sigma_u^2 = -0,2251$ , isto é, maior que a variação dos erros aleatórios  $\sigma_v^2 = 7,343 e - 01$ .

Substituindo os parâmetros estimados, apresentados na TABELA 17, na equação (37), juntamente com os respectivos índices de esgoto tratado, número de ligações e redes, chega-se aos índices de eficiência apresentados na tabela a seguir:

TABELA 18 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2007 (SFA)

<b>Empresa</b>	<b>Prestador</b>	<b>Eficiência</b>
<b>1</b>	<b>Cagece</b>	<b>1,00</b>
<b>2</b>	<b>Sanepar</b>	<b>1,00</b>
<b>3</b>	<b>Caema</b>	<b>1,00</b>
4	Caern	0,90
5	Deso	0,86
6	Saneago	0,85
7	Embasa	0,85
8	Compesa	0,78
9	Cagepa	0,77
10	Agespisa	0,76
11	Casal	0,72
12	Cesan	0,71
13	Casan	0,69
14	Cosanpa	0,68
15	Copasa	0,64
16	Corsan	0,55
17	Sabesp	0,48
18	Cedae	0,25

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica das empresas no ano de 2007 se estabeleceu entre 0,25 a 1. A eficiência técnica média foi de 0,75, sugerindo que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 25%. Também fica evidente que, das 18 empresas estudadas, 15 operaram abaixo do nível de eficiência, o que representa 83% da amostra observada. A TABELA 18 sinaliza que essas 15 empresas não fizeram uso das melhores técnicas e métodos de produção para obter o máximo de produção possível. O valor estimado da eficiência técnica média demonstra que, em média, as empresas produziram cerca de 75% do rendimento máximo alcançável que elas poderiam obter a partir dos recursos disponíveis.



#### 4.1.10 Análise da eficiência das companhias no ano de 2006

A TABELA 19 apresenta os parâmetros do modelo especificado para o ano de 2006.

TABELA 19 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2006

	<b>Parâmetros</b>	<b>Std.err</b>	<b>t-value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
Intercepto	-8,457	1,796	-4,709	0,000
Percentual tratado	0,015	0,083	0,176	0,863
Ligações	-0,275	0,259	-1,061	0,309
Rede	-0,596	0,295	-2,022	0,066
$\lambda$	2,574	1,670	1,541	0,149
$\sigma^2$	0,176			
$\sigma_v^2$	0,023			
$\sigma_u^2$	0,153			
log likelihood	-1,955			

FONTE: Resultados da pesquisa

Nesse modelo, o  $\lambda$  estimado é 2,574, o que significa que a variação do resíduo total é devida principalmente à ineficiência, enquanto os erros aleatórios são menos significativos, isto é, a porcentagem da variação total devido à variação da eficiência é de 87%. A variância estimada da variação da ineficiência é  $\sigma_u^2 = 0,153$ , consideravelmente maior que a variação dos erros aleatórios  $\sigma_v^2 = 0,023$ .

Substituindo os parâmetros estimados, apresentados na TABELA 19, na equação (37), juntamente com os respectivos índices de esgoto tratado, número de ligações e redes, chega-se aos índices de eficiência apresentados na tabela a seguir.

TABELA 20 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2006 (SFA)

<b>Empresa</b>	<b>Prestador</b>	<b>Eficiência</b>
<b>1</b>	<b>Cagece</b>	<b>1,00</b>
2	Sanepar	0,97
3	Caern	0,92
4	Cosanpa	0,92
5	Embasa	0,91
6	Saneago	0,91
7	Caema	0,87
8	Deso	0,85
9	Casal	0,84
10	Compesa	0,83
11	Cagepa	0,81
12	Copasa	0,8
13	Agespisa	0,79
14	Cesan	0,78
15	Casan	0,76
16	Sabesp	0,65
17	Corsan	0,62
18	Cedae	0,35

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica das empresas no ano de 2006 se estabeleceu entre 0,35 a 1. A eficiência técnica média foi de 0,81, sugerindo que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 19%. Também fica evidente que, das 18 empresas estudadas, 17 operaram abaixo do nível de eficiência, o que representa 94% da amostra observada. A TABELA 20 sinaliza que essas 17 empresas não fizeram uso das melhores técnicas e métodos de produção para obter o máximo de produção possível. O valor estimado da eficiência técnica média demonstra que, em média, as empresas produziram cerca de 81% do rendimento máximo alcançável que elas poderiam obter a partir dos recursos disponíveis.

#### 4.1.11 Análise da eficiência das companhias no ano de 2005

A TABELA 21 apresenta os parâmetros do modelo especificado para o ano de 2005.

TABELA 21 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2005

	<b>Parâmetros</b>	<b>Std.err</b>	<b>t-value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
Intercepto	-9,247	3,877	-2,385	0,034
Percentual tratado	0,048	0,136	0,354	0,729
Ligações	-0,558	0,513	-1,087	0,298
Rede	-0,262	0,289	-0,906	0,038
$\lambda$	324,732	1.486,804	0,218	0,830
$\sigma^2$	0,168			
$\sigma_v^2$	1592 e-06			
$\sigma_u^2$	0,168			
log likelihood	2,968			

FONTE: Resultados da pesquisa

Nesse modelo, o  $\lambda$  estimado é 324, o que significa que a variação do resíduo total é devida principalmente à ineficiência, enquanto os erros aleatórios são menos significativos, isto é, a porcentagem da variação total devido à variação da eficiência é de aproximadamente 100%. A variância estimada da variação da ineficiência é  $\sigma_u^2 = 0,168$ , consideravelmente maior que a variação dos erros aleatórios  $\sigma_v^2 = 1592 \text{ e} - 06$ .

Substituindo os parâmetros estimados, apresentados na TABELA 21, na equação (37), juntamente com os respectivos índices de esgoto tratado, número de ligações e redes, chega-se aos índices de eficiência apresentados na tabela a seguir.

TABELA 22 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2005 (SFA)

<b>Empresa</b>	<b>Prestador</b>	<b>Eficiência</b>
<b>1</b>	<b>Caema</b>	<b>1,00</b>
<b>2</b>	<b>Cagece</b>	<b>1,00</b>
<b>3</b>	<b>Sanepar</b>	<b>1,00</b>
4	Caern	0,91
5	Saneago	0,89
6	Cosanpa	0,88
7	Casal	0,82
8	Embasa	0,82
9	Compesa	0,78
10	Copasa	0,78
11	Cagepa	0,76
12	Deso	0,76
13	Agespisa	0,75
14	Cesan	0,75
15	Casan	0,64
16	Corsan	0,55
17	Sabesp	0,53
18	Cedae	0,3

FONTE: Resultados da pesquisa

Os valores estimados das eficiências técnicas das empresas de saneamento individuais são dados na TABELA 22. A eficiência técnica está entre 0,30 e 1. A eficiência média das empresas é 0,77, sugerindo que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 23%. Também fica evidente que, das 18 empresas, 15 operaram abaixo do nível de eficiência, o que representa 83%.

A TABELA 22 sinaliza que 83% das empresas não utilizaram as melhores técnicas e métodos de produção para obter o máximo de produção possível. O valor estimado da eficiência técnica média demonstra que, em média, as empresas produziram cerca de 77% do rendimento que poderiam atingir, dados os recursos disponíveis.

#### 4.1.12 Análise da eficiência das companhias no ano de 2004

A TABELA 23 apresenta os parâmetros do modelo especificado para o ano de 2004.

TABELA 23 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO SFA PARA 2004

	<b>Parâmetros</b>	<b>Std.err</b>	<b>t-value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
Intercepto	-9,547	2,241	-4,261	0,001
Percentual tratado	0,055	0,078	0,708	0,049
Ligações	-0,306	0,169	-1,811	0,095
Rede	-0,506	0,297	-1,702	0,011
$\lambda$	621,559	1.957,708	0,318	0,756
$\sigma^2$	0,179			
$\sigma_v^2$	4,621 e-07			
$\sigma_u^2$	0,179			
log likelihood	2,420			

FONTE: Resultados da pesquisa

Neste modelo, o  $\lambda$  estimado é 621, o que significa que a variação do resíduo total é devida principalmente à ineficiência, enquanto os erros aleatórios são menos significativos, isto é, a porcentagem da variação total devido à variação da eficiência é de aproximadamente 100%. A variância estimada da variação da ineficiência é  $\sigma_u^2 = 0,179$ , consideravelmente maior que a variação dos erros aleatórios  $\sigma_v^2 = 4,621 \text{ e} - 07$ .

Substituindo os parâmetros estimados, apresentados na TABELA 23, na equação (37), juntamente com os respectivos índices de esgoto tratado, número de ligações e redes, chega-se aos índices de eficiência apresentados na tabela a seguir.

TABELA 24 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA 2004 (SFA)

<b>Empresa</b>	<b>Prestador</b>	<b>Eficiência</b>
<b>1</b>	<b>Caema</b>	<b>1,00</b>
<b>2</b>	<b>Cagece</b>	<b>1,00</b>
<b>3</b>	<b>Sanepar</b>	<b>1,00</b>
4	Cosanpa	0,91
5	Caern	0,88
6	Saneago	0,87
7	Embasa	0,82
8	Casal	0,78
9	Compesa	0,77
10	Copasa	0,77
11	Deso	0,76
12	Cagepa	0,74
13	Cesan	0,74
14	Agespisa	0,73
15	Casan	0,63
16	Corsan	0,54
17	Sabesp	0,52
18	Cedae	0,29

FONTE: Resultados da pesquisa

Os valores estimados das eficiências técnicas das empresas de saneamento individuais são dados na TABELA 24. A eficiência técnica se estabeleceu entre 0,31 e 1. A eficiência média das empresas foi de 0,77, sugerindo que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 23%. Também fica evidente que, das 18 empresas, 15 operaram abaixo do nível de eficiência, o que representa 83%.

A TABELA 24 sinaliza que 83% das empresas não utilizaram as melhores técnicas e métodos de produção para obter o máximo de produção possível. O valor estimado da eficiência técnica média demonstra que, em média, as empresas produziram cerca de 77% do rendimento que poderiam atingir, dados os recursos disponíveis.

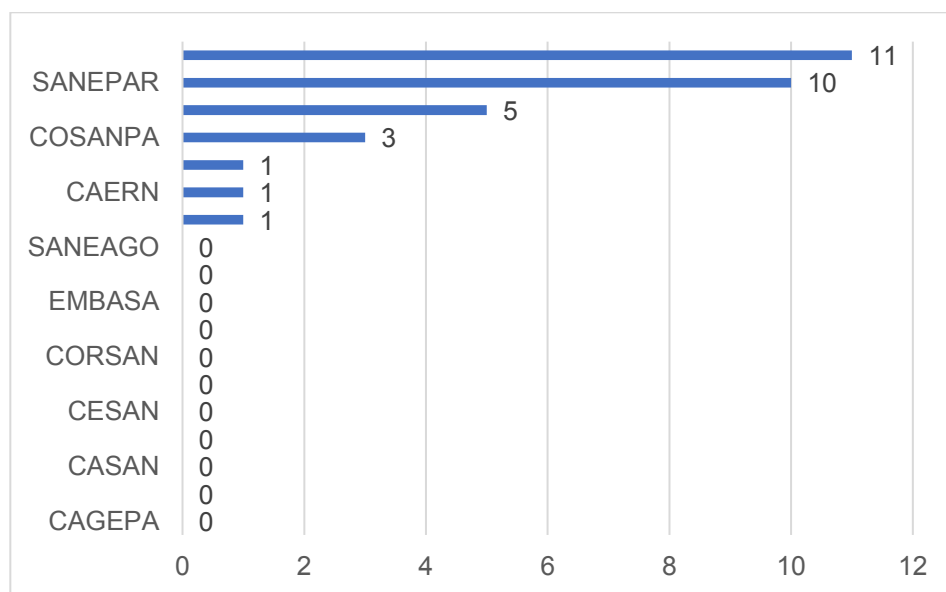
#### 4.1.13 Frequência de eficiências técnicas, medidas pela SFA (2004 a 2015)

A FIGURA 13 apresenta a frequência de eficiência técnica das empresas medida pela Fronteira Estocástica de Produção para o período de 2004 a 2015. Das 18 empresas analisadas, duas podem ser consideradas *benchmark*: a Cagece e a Sanepar. No período dos 12 anos verificados, essas empresas apareceram como eficientes em nove anos, com eficiência verificada igual a 1. A Caema apareceu por seis anos como eficiente,

seguida pela Cosanpa, que apareceu quatro vezes. As demais empresas apareceram uma vez, no ano de 2011. Nesse ano, todas as empresas configuraram uma operação eficiente.

A FIGURA 13 mostra o número de vezes que cada empresa aparece como eficiente, isto é, que fez parte do grupo de referência das empresas avaliadas como eficientes.

FIGURA 13 – FREQUÊNCIA DE EFICIÊNCIA NO PERÍODO 2004 A 2015



FONTE: Resultados da pesquisa

Quanto maior for a frequência com que a empresa participa do grupo de referência, maiores são as chances de seu desempenho ser considerado excelente. Em linhas gerais, apesar de algumas empresas serem consideradas eficientes, apresentam baixa frequência e, portanto, não servem como modelo a ser seguido.

A empresa que apresenta maior frequência é chamada de líder global, pois, do ponto de vista de outras seguidoras, ela é vista como a empresa com as melhores práticas, e isso chama a atenção de outras empresas. No caso da modelagem de SFA, o destaque incide nas ações da Cagece (CE) e, em segundo lugar, da Sanepar (PR), sendo a primeira eleita líder global.

## 5. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Este capítulo se destina de apresentar os resultados, gerados a partir do *software* R, da mensuração da eficiência relativa, calculada por meio da técnica da Análise Envoltória de Dados, com rendimentos variáveis e orientação ao *input*.

### 5.1 EFICIÊNCIA TÉCNICA MEDIDA PELA DEA

Adotados os pressupostos da equação (25), obtêm-se os níveis de eficiência das empresas no período investigado, conforme se passa a demonstrar.

#### 5.1.1 Análise da eficiência das companhias no ano de 2015

A TABELA 25 apresenta as 18 empresas com seus respectivos escores de eficiência para o ano de 2015, medidos pela DEA.

TABELA 25 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2015

EMPRESA		EFICIÊNCIA
1	Casal	1,00
2	Cagece	1,00
3	Copasa	1,00
4	Cosanpa	1,00
5	Agespisa	1,00
6	Sanepar	1,00
7	Sabesp	1,00
8	Deso	0,96
9	Embasa	0,93
10	Cesan	0,87
11	Caern	0,86
12	Saneago	0,86
13	Cagepa	0,79
14	Compesa	0,78
15	Caema	0,77
16	Casan	0,76
17	Cedae	0,71
18	Corsan	0,54

FONTE: Resultados da pesquisa



Os valores estimados das eficiências técnicas das empresas de saneamento individuais apresentados na TABELA 25 indicam que a eficiência técnica no período observado está entre 0,54 e 1. A eficiência média indica que, na média, as empresas operaram abaixo do nível de eficiência. A média de 0,88 indica que, no conjunto, as empresas produziram cerca de 88% daquilo que elas poderiam produzir, dados os recursos disponíveis.

TABELA 26 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2015

INTERVALO DE EFICIÊNCIA	FREQUÊNCIA	PARTICIPAÇÃO %
0,5<= E <0,6	1	5,6
0,6<= E <0,7		
0,7<= E <0,8	5	27,8
0,8<= E <0,9	3	16,7
0,9<= E <1	2	11,1
E =1	7	38,9

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	EFICIÊNCIA
Mínimo	0,54
1º quartil	0,78
Mediana	0,90
Eficiência média	0,88
3º quartil	1,00
Máximo	1,00

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica média das empresas sugere que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 12%. Das 18 empresas investigadas, sete estavam sobre a fronteira eficiente; isto é, 39% das empresas podem ser consideradas eficientes.

#### 5.1.2 Análise da eficiência das companhias no ano de 2014

A TABELA 27 apresenta as 18 empresas com seus respectivos escores de eficiência para o ano 2014, medidos pela DEA.

TABELA 27 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2014

EMPRESA		EFICIÊNCIA
1	Casal	1,00
2	Cagece	1,00
3	Copasa	1,00
4	Cosanpa	1,00
5	Sanepar	1,00
6	Deso	1,00
7	Sabesp	1,00
8	Agespisa	0,99
9	Caern	0,93
10	Embasa	0,90
11	Cagepa	0,88
12	Saneago	0,85
13	Caema	0,81
14	Cesan	0,78
15	Casan	0,76
16	Compesa	0,75
17	Cedae	0,70
18	Corsan	0,50

FONTE: Resultados da pesquisa

Os valores estimados das eficiências técnicas das empresas de saneamento individuais apresentados na TABELA 27 indicam que a eficiência técnica no período observado está entre 0,5 e 1. A eficiência média indica que, na média, as empresas operaram abaixo do nível de eficiência. A média de 0,88 indica que, no conjunto, as empresas produziram cerca de 88% daquilo que elas poderiam produzir, dados os recursos disponíveis.

TABELA 28 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2014

INTERVALO DE EFICIÊNCIA	FREQUÊNCIA	PARTICIPAÇÃO %
0,2<= E <0,3		
0,3<= E <0,4		
0,4<= E <0,5	1	5,6
0,5<= E <0,6		
0,6<= E <0,7		
0,7<= E <0,8	4	22,2
0,8<= E <0,9	3	16,7
0,9<= E <1	3	16,7
E =1	7	38,9

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	EFICIÊNCIA
Mínimo	0,50
1º quartil	0,79
Mediana	0,92
Eficiência média	0,88
3º quartil	1,00
Máximo	1,00

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica média das empresas sugere que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 12%. Das 18 empresas investigadas, sete estavam sobre a fronteira eficiente; isto é, 39% das empresas podem ser consideradas eficientes.

### 5.1.3 Análise da eficiência das companhias no ano de 2013

A TABELA 29 apresenta as 18 empresas com seus respectivos escores de eficiência para o ano 2013, medidos pela DEA.

TABELA 29 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2013

EMPRESA		EFICIÊNCIA
1	Casal	1,00
2	Cagece	1,00
3	Caema	1,00
4	Copasa	1,00
5	Sanepar	1,00
6	Deso	1,00
7	Sabesp	1,00
8	Agespisa	0,99
9	Cesan	0,88
10	Caern	0,85
11	Saneago	0,85
12	Embasa	0,79
13	Cosanpa	0,79
14	Cagepa	0,79
15	Casan	0,78
16	Compesa	0,71
17	Cedae	0,59
18	Corsan	0,40

FONTE: Resultados da pesquisa

Os valores estimados das eficiências técnicas das empresas de saneamento individuais apresentados na TABELA 29 indicam que a eficiência técnica no período observado está entre 0,4 e 1. A eficiência média indica que, na média, as empresas operaram abaixo do nível de eficiência. A média de 0,86 indica que, no conjunto, as empresas produziram cerca de 86% daquilo que elas poderiam produzir, dados os recursos disponíveis.

TABELA 30 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2013

INTERVALO DE EFICIÊNCIA	FREQUÊNCIA	PARTICIPAÇÃO %
0,2<= E <0,3		
0,3<= E <0,4	1	5,6
0,4<= E <0,5		5,6
0,5<= E <0,6	1	
0,6<= E <0,7		
0,7<= E <0,8	5	27,8
0,8<= E <0,9	3	16,7
0,9<= E <1	1	5,6
E =1	7	38,9

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	EFICIÊNCIA
Mínimo	0,40
1º quartil	0,80
Mediana	0,87
Eficiência média	0,86
3º quartil	1,00
Máximo	1,00

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica média das empresas sugere que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 14%. Das 18 empresas investigadas, sete estavam sobre a fronteira eficiente; isto é, 39% das empresas podem ser consideradas eficientes.

#### 5.1.4 Análise da eficiência das companhias no ano de 2012

A TABELA 31 apresenta as 18 empresas com seus respectivos escores de eficiência para o ano 2012, medidos pela DEA.

TABELA 31 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2012

EMPRESA		EFICIÊNCIA
1	Casal	1,00
2	Cagece	1,00
3	Caema	1,00
4	Sanepar	1,00
5	Sabesp	1,00
6	Copasa	0,95
7	Cosanpa	0,80
8	Caern	0,77
9	Agespisa	0,75
10	Cagepa	0,72
11	Deso	0,68
12	Cesan	0,64
13	Saneago	0,64
14	Compesa	0,56
15	Embasa	0,54
16	Casan	0,53
17	Cedae	0,41
18	Corsan	0,29

FONTE: Resultados da pesquisa

Os valores estimados das eficiências técnicas das empresas de saneamento individuais apresentados na TABELA 31 indicam que a eficiência técnica no período observado está entre 0,29 e 1. A eficiência média indica que, na média, as empresas operaram abaixo do nível de eficiência. A média de 0,74 indica que, no conjunto, as empresas produziram cerca de 74% daquilo que elas poderiam produzir, dados os recursos disponíveis.

TABELA 32 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2012

INTERVALO DE EFICIÊNCIA	FREQUÊNCIA	PARTICIPAÇÃO %
0,2<= E <0,3	1	5,6
0,3<= E <0,4		
0,4<= E <0,5	1	5,6
0,5<= E <0,6	3	16,7
0,6<= E <0,7	3	16,7
0,7<= E <0,8	3	16,7
0,8<= E <0,9	1	5,6
0,9<= E <1	1	5,6
E =1	5	27,8

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	EFICIÊNCIA
Mínimo	0,29
1º quartil	0,58
Mediana	0,74
Eficiência média	0,74
3º quartil	0,99
Máximo	1,00

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica média das empresas sugere que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 26%. Das 18 empresas investigadas, cinco estavam sobre a fronteira eficiente; isto é, 28% das empresas podem ser consideradas eficientes.

### 5.1.5 Análise da eficiência das companhias no ano de 2011

A TABELA 33 apresenta as 18 empresas com seus respectivos escores de eficiência para o ano 2011, medidos pela DEA.

TABELA 33 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2011

EMPRESA		EFICIÊNCIA
1	Casal	1,00
2	Cagece	1,00
3	Caema	1,00
4	Copasa	1,00
5	Agespisa	1,00
6	Sanepar	1,00
7	Deso	1,00
8	Sabesp	1,00
9	Cosanpa	0,74
10	Embasa	0,71
11	Caern	0,67
12	Saneago	0,65
13	Cesan	0,64
14	Cagepa	0,59
15	Cedae	0,56
16	Compesa	0,55
17	Casan	0,51
18	Corsan	0,37

FONTE: Resultados da pesquisa

Os valores estimados das eficiências técnicas das empresas de saneamento individuais apresentados na TABELA 33 indicam que a eficiência técnica no período observado está entre 0,37 e 1. A eficiência média indica que, na média, as empresas operaram abaixo do nível de eficiência. A média de 0,78 indica que, no conjunto, as empresas produziram cerca de 78% daquilo que elas poderiam produzir, dados os recursos disponíveis.



TABELA 34 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2011

INTERVALO DE EFICIÊNCIA	FREQUÊNCIA	PARTICIPAÇÃO %
0,2<= E <0,3		
0,3<= E <0,4	1	5,6
0,4<= E <0,5		
0,5<= E <0,6	4	22,2
0,6<= E <0,7	3	16,7
0,7<= E <0,8	2	11,1
0,8<= E <0,9		
0,9<= E <1		
E =1	8	44,4

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	EFICIÊNCIA
Mínimo	0,37
1º quartil	0,60
Mediana	0,72
Eficiência média	0,78
3º quartil	1,00
Máximo	1,00

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica média das empresas sugere que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 22%. Das 18 empresas investigadas, oito estavam sobre a fronteira eficiente; isto é, 44% das empresas podem ser consideradas eficientes.

### 5.1.6 Análise da eficiência das companhias no ano de 2010

A TABELA 35 apresenta as 18 empresas com seus respectivos escores de eficiência para o ano 2010, medidos pela DEA.

TABELA 35 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2010

EMPRESA		EFICIÊNCIA
1	Casal	1,00
2	Cagece	1,00
3	Compesa	1,00
4	Sanepar	1,00
5	Sabesp	1,00
6	Copasa	0,99
7	Cosanpa	0,88
8	Caern	0,87
9	Deso	0,85
10	Saneago	0,85
11	Embasa	0,79
12	Cesan	0,75
13	Caema	0,69
14	Cagepa	0,68
15	Casan	0,61
16	Agespisa	0,60
17	Cedae	0,50
18	Corsan	0,36

FONTE: Resultados da pesquisa

Os valores estimados das eficiências técnicas das empresas de saneamento individuais apresentados na TABELA 35 indicam que a eficiência técnica no período observado está entre 0,36 e 1. A eficiência média indica que, na média, as empresas operaram abaixo do nível de eficiência. A média de 0,80 indica que, no conjunto, as empresas produziram cerca de 80% daquilo que elas poderiam produzir, dados os recursos disponíveis.

TABELA 36 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2010

INTERVALO DE EFICIÊNCIA	FREQUÊNCIA	PARTICIPAÇÃO %
0,2<= E <0,3		
0,3<= E <0,4	1	5,6
0,4<= E <0,5	1	5,6
0,5<= E <0,6	1	5,6
0,6<= E <0,7	3	16,7
0,7<= E <0,8	2	11,1
0,8<= E <0,9	4	22,2
0,9<= E <1	1	5,6
E =1	5	27,8

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	EFICIÊNCIA
Mínimo	0,36
1º quartil	0,68
Mediana	0,85
Eficiência média	0,80
3º quartil	1,00
Máximo	1,00

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica média das empresas sugere que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 20%. Das 18 empresas investigadas, cinco estavam sobre a fronteira eficiente; isto é, 28% das empresas podem ser consideradas eficientes.

#### 5.1.7 Análise da eficiência das companhias no ano de 2009

A TABELA 37 apresenta as 18 empresas com seus respectivos escores de eficiência para o ano 2009, medidos pela DEA.

TABELA 37 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2009

EMPRESA		EFICIÊNCIA
1	Casal	1,00
2	Cagece	1,00
3	Cesan	1,00
4	Caema	1,00
5	Copasa	1,00
6	Sanepar	1,00
7	Caern	1,00
8	Sabesp	1,00
9	Cosanpa	0,94
10	Cagepa	0,89
11	Deso	0,85
12	Saneago	0,84
13	Embasa	0,82
14	Compesa	0,79
15	Agespisa	0,77
16	Casan	0,70
17	Corsan	0,51
18	Cedae	0,36

FONTE: Resultados da pesquisa

Os valores estimados das eficiências técnicas das empresas de saneamento individuais apresentados na TABELA 37 indicam que a eficiência técnica no período observado está entre 0,36 e 1. A eficiência média indica que, na média, as empresas operaram abaixo do nível de eficiência. A média de 0,86 indica que, no conjunto, as empresas produziram cerca de 86% daquilo que elas poderiam produzir, dados os recursos disponíveis.

TABELA 38 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2009

INTERVALO DE EFICIÊNCIA	FREQUÊNCIA	PARTICIPAÇÃO %
0,2<= E <0,3		
0,3<= E <0,4	1	5,6
0,4<= E <0,5		
0,5<= E <0,6	1	5,6
0,6<= E <0,7	1	5,6
0,7<= E <0,8	2	11,1
0,8<= E <0,9	4	22,2
0,9<= E <1	1	5,6
E =1	8	44,4

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	EFICIÊNCIA
Mínimo	0,36
1º quartil	0,80
Mediana	0,92
Eficiência média	0,86
3º quartil	1,00
Máximo	1,00

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica média das empresas sugere que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 14%. Das 18 empresas investigadas, oito estavam sobre a fronteira eficiente; isto é, 44% das empresas podem ser consideradas eficientes.

### 5.1.8 Análise da eficiência das companhias no ano de 2008

A TABELA 39 apresenta as 18 empresas com seus respectivos escores de eficiência para o ano 2008, medidos pela DEA.

TABELA 39 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2008

EMPRESA		EFICIÊNCIA
1	Casal	1,00
2	Embasa	1,00
3	Cagece	1,00
4	Caema	1,00
5	Copasa	1,00
6	Compesa	1,00
7	Sanepar	1,00
8	Caern	1,00
9	Deso	1,00
10	Sabesp	1,00
11	Agespisa	0,98
12	Saneago	0,82
13	Cagepa	0,80
14	Cosanpa	0,79
15	Cesan	0,74
16	Casan	0,70
17	Corsan	0,54
18	Cedae	0,36

FONTE: Resultados da pesquisa

Os valores estimados das eficiências técnicas das empresas de saneamento individuais apresentados na TABELA 39 indicam que a eficiência técnica no período observado está entre 0,36 e 1. A eficiência média indica que, na média, as empresas operaram abaixo do nível de eficiência. A média de 0,87 indica que, no conjunto, as empresas produziram cerca de 87% daquilo que elas poderiam produzir, dados os recursos disponíveis.

TABELA 40 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2008

INTERVALO DE EFICIÊNCIA	FREQUÊNCIA	PARTICIPAÇÃO %
0,2<= E <0,3		
0,3<= E <0,4	1	5,6
0,4<= E <0,5		
0,5<= E <0,6	1	5,6
0,6<= E <0,7		
0,7<= E <0,8	4	22,2
0,8<= E <0,9	1	5,6
0,9<= E <1	1	5,6
E =1	10	55,6

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	EFICIÊNCIA
Mínimo	0,36
1º quartil	0,80
Mediana	1,00
Eficiência média	0,87
3º quartil	1,00
Máximo	1,00

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica média das empresas sugere que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 13%. Das 18 empresas investigadas, dez estavam sobre a fronteira eficiente; isto é, 56% das empresas podem ser consideradas eficientes.

### 5.1.9 Análise da eficiência das companhias no ano de 2007

A TABELA 41 apresenta as 18 empresas com seus respectivos escores de eficiência para o ano 2007, medidos pela DEA.

TABELA 41 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2007

EMPRESA		EFICIÊNCIA
1	Casal	1,00
2	Embasa	1,00
3	Cagece	1,00
4	Caema	1,00
5	Compesa	1,00
6	Sanepar	1,00
7	Deso	1,00
8	Sabesp	1,00
9	Caern	0,95
10	Cosanpa	0,94
11	Copasa	0,94
12	Agespisa	0,93
13	Cagepa	0,88
14	Saneago	0,82
15	Cesan	0,78
16	Casan	0,77
17	Corsan	0,53
18	Cedae	0,25

FONTE: Resultados da pesquisa

Os valores estimados das eficiências técnicas das empresas de saneamento individuais apresentados na TABELA 41 indicam que a eficiência técnica no período observado está entre 0,25 e 1. A eficiência média indica que, na média, as empresas operaram abaixo do nível de eficiência. A média de 0,88 indica que, no conjunto, as empresas produziram cerca de 88% daquilo que elas poderiam produzir, dados os recursos disponíveis.



TABELA 42 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2007

INTERVALO DE EFICIÊNCIA	FREQUÊNCIA	PARTICIPAÇÃO %
0,2<= E <0,3	1	5,6
0,3<= E <0,4		
0,4<= E <0,5		
0,5<= E <0,6	1	5,6
0,6<= E <0,7		
0,7<= E <0,8	2	11,1
0,8<= E <0,9	2	11,1
0,9<= E <1	4	22,2
E =1	8	44,4

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	EFICIÊNCIA
Mínimo	0,25
1º quartil	0,84
Mediana	0,95
Eficiência média	0,88
3º quartil	1,00
Máximo	1,00

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica média das empresas sugere que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 12%. Das 18 empresas investigadas, oito estavam sobre a fronteira eficiente; isto é, 44% das empresas podem ser consideradas eficientes.

### 5.1.10 Análise da eficiência das companhias no ano de 2006

A TABELA 43 apresenta as 18 empresas com seus respectivos escores de eficiência para o ano 2006, medidos pela DEA.

TABELA 43 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2006

EMPRESA		EFICIÊNCIA
1	Casal	1,00
2	Embasa	1,00
3	Cagece	1,00
4	Cosanpa	1,00
5	Compesa	1,00
6	Sanepar	1,00
7	Deso	1,00
8	Sabesp	1,00
9	Agespisa	0,93
10	Caern	0,90
11	Copasa	0,90
12	Caema	0,84
13	Saneago	0,81
14	Cesan	0,78
15	Cagepa	0,78
16	Casan	0,77
17	Corsan	0,51
18	Cedae	0,27

FONTE: Resultados da pesquisa

Os valores estimados das eficiências técnicas das empresas de saneamento individuais apresentados na TABELA 43 indicam que a eficiência técnica no período observado está entre 0,27 e 1. A eficiência média indica que, na média, as empresas operaram abaixo do nível de eficiência. A média de 0,86 indica que, no conjunto, as empresas produziram cerca de 86% daquilo que elas poderiam produzir, dados os recursos disponíveis.

TABELA 44 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2006

INTERVALO DE EFICIÊNCIA	FREQUÊNCIA	PARTICIPAÇÃO %
0,2<= E <0,3	1	5,6
0,3<= E <0,4		
0,4<= E <0,5		
0,5<= E <0,6	1	5,6
0,6<= E <0,7		
0,7<= E <0,8	3	16,7
0,8<= E <0,9	3	16,7
0,9<= E <1	2	11,1
E =1	8	44,4

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	EFICIÊNCIA
Mínimo	0,27
1º quartil	0,79
Mediana	0,92
Eficiência média	0,86
3º quartil	1,00
Máximo	1,00

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica média das empresas sugere que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 14%. Das 18 empresas investigadas, oito estavam sobre a fronteira eficiente; isto é, 44% das empresas podem ser consideradas eficientes

### 5.1.11 Análise da eficiência das companhias no ano de 2005

A TABELA 45 apresenta as 18 empresas com seus respectivos escores de eficiência para o ano 2005, medidos pela DEA.

TABELA 45 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2005

EMPRESA		EFICIÊNCIA
1	Casal	1,00
2	Cagece	1,00
3	Cesan	1,00
4	Sanepar	1,00
5	Sabesp	1,00
6	Copasa	0,99
7	Caern	0,96
8	Caema	0,95
9	Cosanpa	0,92
10	Deso	0,88
11	Cagepa	0,85
12	Saneago	0,85
13	Embasa	0,85
14	Agespisa	0,84
15	Compesa	0,81
16	Casan	0,68
17	Corsan	0,52
18	Cedae	0,32

FONTE: Resultados da pesquisa

Os valores estimados das eficiências técnicas das empresas de saneamento individuais apresentados na TABELA 45 indicam que a eficiência técnica no período observado está entre 0,32 e 1. A eficiência média indica que, na média, as empresas operaram abaixo do nível de eficiência. A média de 0,86 indica que, no conjunto, as empresas produziram cerca de 86% daquilo que elas poderiam produzir, dados os recursos disponíveis.

TABELA 46 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2005

INTERVALO DE EFICIÊNCIA	FREQUÊNCIA	PARTICIPAÇÃO %
0,2<= E <0,3		
0,3<= E <0,4	1	5,6
0,4<= E <0,5		
0,5<= E <0,6	1	5,6
0,6<= E <0,7	1	5,6
0,7<= E <0,8		
0,8<= E <0,9	6	33,3
0,9<= E <1	4	22,2
E =1	5	27,8

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	EFICIÊNCIA
Mínimo	0,32
1º quartil	0,84
Mediana	0,90
Eficiência média	0,86
3º quartil	1,00
Máximo	1,00

FONTE: Resultados da pesquisa

A eficiência técnica média das empresas sugere que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 14%. Das 18 empresas investigadas, cinco estavam sobre a fronteira eficiente; isto é, 28% das empresas podem ser consideradas eficientes.

### 5.1.12 Análise da eficiência das companhias no ano de 2004

A TABELA 47 apresenta as 18 empresas com seus respectivos escores de eficiência para o ano 2004, medidos pela DEA.

TABELA 47 – ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA (DEA) 2004

EMPRESA		EFICIÊNCIA
1	Casal	1,00
2	Cagece	1,00
3	Cesan	1,00
4	Cosanpa	1,00
5	Agespisa	1,00
6	Sanepar	1,00
7	Caern	1,00
8	Sabesp	1,00
9	Copasa	0,99
10	Deso	0,99
11	Compesa	0,93
12	Saneago	0,91
13	Cagepa	0,87
14	Embasa	0,85
15	Caema	0,79
16	Casan	0,75
17	Corsan	0,52
18	Cedae	0,33

FONTE: Resultados da pesquisa

Os valores estimados das eficiências técnicas das empresas de saneamento individuais apresentados na TABELA 47 indicam que a eficiência técnica no período observado está entre 0,33 e 1. A eficiência média indica que, na média, as empresas operaram abaixo do nível de eficiência. A média de 0,89 indica que, no conjunto, as empresas produziram cerca de 89% daquilo que elas poderiam produzir, dados os recursos disponíveis.

TABELA 48 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA 2004

INTERVALO DE EFICIÊNCIA	FREQUÊNCIA	PARTICIPAÇÃO %
0,2<= E <0,3		
0,3<= E <0,4	1	5,6
0,4<= E <0,5		
0,5<= E <0,6	1	5,6
0,6<= E <0,7		
0,7<= E <0,8	2	11,1
0,8<= E <0,9	2	11,1
0,9<= E <1	4	22,2
E =1	8	44,4

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	EFICIÊNCIA
Mínimo	0,33
1º quartil	0,86
Mediana	0,99
Eficiência média	0,89
3º quartil	1,00
Máximo	1,00

FONTE: Resultados da pesquisa

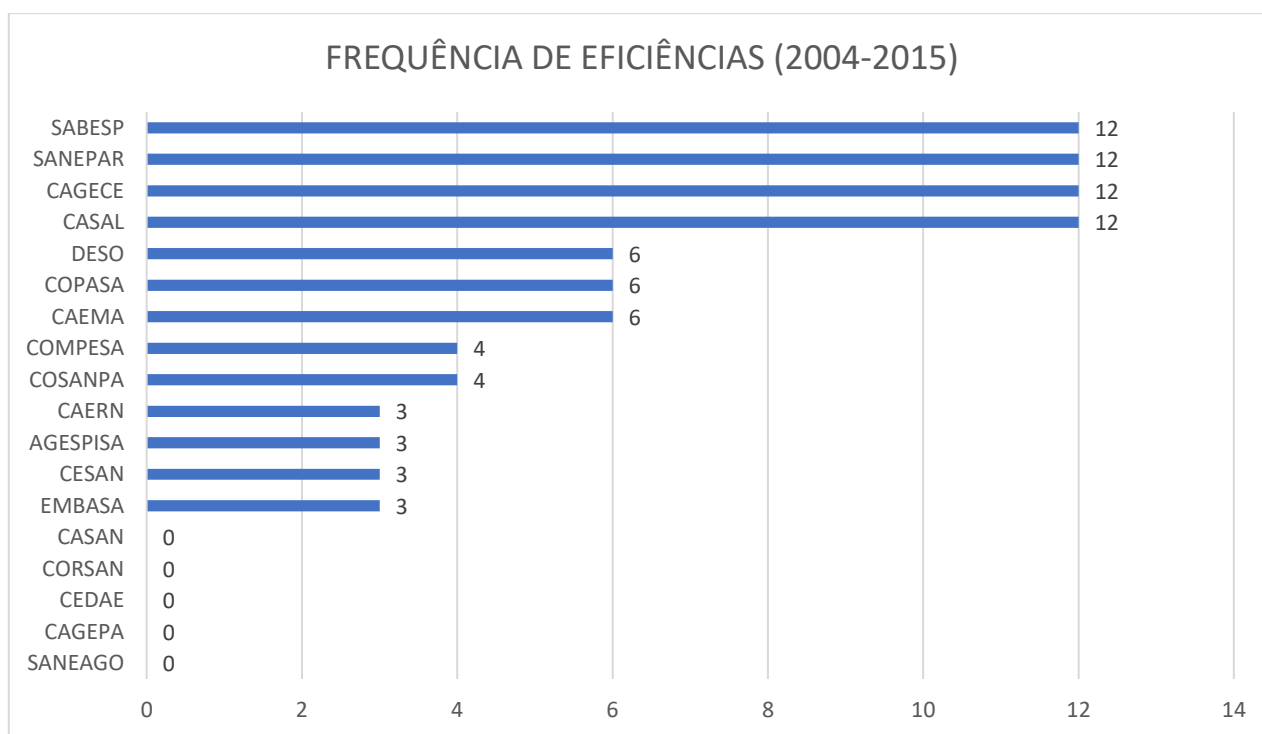
A eficiência técnica média das empresas sugere que existia um potencial para aumentar a produtividade do setor em 11%. Das 18 empresas investigadas, oito estavam sobre a fronteira eficiente; isto é, 44% das empresas podem ser consideradas eficientes.

#### 5.1.13 Frequência de eficiências técnicas medidas pela DEA (2004 a 2015)

A FIGURA 14 apresenta a frequência de eficiência das empresas medida pela Análise Envoltória de Dados no período de 2004 a 2015. Das 18 empresas analisadas, quatro podem ser consideradas *benchmark*: Cagece, Casal, Sabesp e Sanepar. No período dos 12 anos verificados, essas empresas apareceram todos os anos como empresas de referência, sendo a eficiência verificada igual a 1. Deso, Copasa e Caema apareceram por seis anos como eficientes, seguidas por Compesa e Cosanpa, que apareceram quatro vezes. Caern, Agespisa, Cesan e Embasa apareceram três vezes. As demais não apareceram em nenhum ano como empresas eficientes.

A FIGURA 14 mostra o número de vezes que cada empresa aparece como eficiente, isto é, fez parte do grupo de referência das empresas avaliadas como eficientes.

FIGURA 14 – FREQUÊNCIA DE EFICIÊNCIA TÉCNICA MEDIDA PELA DEA



FONTE: Resultados da pesquisa

Quanto maior for a frequência com que a empresa participa do grupo de referência, maiores são as chances de seu desempenho ser considerado excelente. A empresa que apresenta maior frequência é chamada de líder global, pois, do ponto de vista de outras seguidoras, ela é vista como a empresa com as melhores práticas, e isso chama a atenção de outras empresas.



## 6. EFICIÊNCIA DINÂMICA

Nesta seção, será apresentada a discussão sobre a eficiência das empresas de saneamento no período compreendido de 2004 a 2015 e suas decomposições com base no Índice de Malmquist.

A TABELA 49 apresenta os resultados obtidos com o cálculo do Índice de Malmquist e suas decomposições (efeito emparelhamento e deslocamento da fronteira) para as 18 empresas analisadas. O Índice de Malmquist mostra a variação do crescimento dos índices de produtividade ao longo do tempo. Este é decomposto em dois tipos de efeitos: o emparelhamento (*catch-up effect*), que representa a mudança na eficiência técnica; e o deslocamento da fronteira, que aponta para uma mudança tecnológica. O objetivo desta análise, conforme já destacado, consiste em avaliar o desempenho das empresas no período de 2004 a 2015.

TABELA 49 – ÍNDICES DE EFICIÊNCIAS

Eficiência técnica (emparelhamento)																		
Período	Agespisa	Caema	Caern	Cagece	Cagepa	Casal	Casan	Cedae	Cesan	Compesa	Copasa	Corsan	Cosanpa	Deso	Embasa	Sabesp	Saneago	Sanepar
2015-2014	1,131	1,032	0,933	1,000	0,918	0,973	1,060	1,004	1,097	1,037	1,002	1,108	0,898	1,062	1,054	1,339	1,022	1,000
2014-2013	1,173	0,611	1,093	1,117	1,186	1,000	1,252	1,590	1,134	1,243	1,412	1,640	1,400	1,200	1,495	1,316	1,301	1,442
2013-2012	1,032	1,015	1,065	0,958	0,987	1,000	1,072	1,080	1,068	1,066	1,025	1,045	0,980	1,109	1,050	1,067	1,003	0,693
2012-2011	1,090	1,027	1,193	0,935	1,234	1,000	1,039	0,934	1,010	1,030	0,972	0,772	0,974	1,040	0,869	1,070	0,997	1,000
2011-2010	1,124	1,813	0,813	1,000	0,862	1,000	0,845	0,883	0,854	0,762	0,842	1,051	1,069	0,940	0,794	0,709	0,769	1,000
2010-2009	0,777	0,717	0,847	1,000	0,763	1,000	0,870	1,387	0,856	0,915	0,968	0,706	0,970	0,817	0,959	1,075	1,009	1,000
2009-2008	0,940	0,807	1,020	1,000	1,116	1,000	1,079	1,001	1,176	1,011	1,009	0,922	0,982	1,011	0,983	0,924	1,026	1,000
2008-2007	0,880	1,024	1,031	1,000	0,912	1,000	0,836	1,426	0,967	1,003	1,068	1,026	0,951	0,841	0,963	1,000	1,000	1,000
2007-2006	1,150	1,533	1,145	1,000	1,134	1,000	1,013	0,978	0,990	1,180	1,161	1,071	0,961	1,048	1,075	1,116	1,041	1,000
2006-2005	0,956	0,802	0,920	1,000	0,915	1,000	1,125	0,824	0,920	0,821	0,806	0,961	0,997	1,093	0,964	0,853	0,951	1,000
2005-2004	0,844	1,272	0,965	1,000	0,969	1,000	0,907	0,963	0,996	0,859	0,980	1,012	1,020	0,882	1,004	0,962	0,949	1,000

Progresso tecnológico (Deslocamento da fronteira)																		
Período	Agespisa	Caema	Caern	Cagece	Cagepa	Casal	Casan	Cedae	Cesan	Compesa	Copasa	Corsan	Cosanpa	Deso	Embasa	Sabesp	Saneago	Sanepar
2015-2014	0,850	1,012	1,039	1,063	1,069	1,126	1,008	1,042	0,976	1,017	1,031	0,942	1,145	0,982	1,000	0,782	1,037	1,059
2014-2013	1,021	2,351	1,090	1,060	1,004	1,220	1,103	0,830	1,148	1,021	0,964	0,922	0,951	1,025	0,938	0,992	1,090	1,073
2013-2012	1,057	1,014	1,005	1,082	1,082	1,130	1,003	0,977	1,016	0,971	1,029	0,980	1,079	0,989	0,983	0,989	1,023	1,532
2012-2011	1,074	0,872	0,990	1,280	0,961	1,174	0,931	1,100	1,045	1,083	0,988	1,172	1,002	1,048	1,112	0,962	0,926	0,784
2011-2010	0,739	0,479	0,977	0,745	0,919	0,869	1,105	0,862	1,025	1,018	0,976	0,896	0,887	0,933	1,072	1,093	1,186	1,027
2010-2009	1,151	1,374	1,086	0,925	1,190	0,889	1,093	0,710	1,063	1,021	1,044	1,389	1,023	1,121	1,031	0,939	0,968	1,011
2009-2008	1,238	1,249	1,092	1,053	0,994	1,202	1,013	1,016	0,975	1,035	0,982	1,114	1,019	1,142	1,026	1,073	0,996	1,001
2008-2007	0,984	0,975	0,913	1,041	1,042	0,771	1,117	0,704	0,921	1,031	0,926	0,961	1,038	1,054	1,040	0,989	1,001	0,995
2007-2006	1,001	0,692	0,986	1,165	1,022	1,221	0,987	1,094	1,059	0,971	0,936	0,940	1,056	0,992	0,984	1,023	0,973	0,948
2006-2005	1,075	1,200	1,046	0,899	1,054	1,084	0,959	1,128	1,167	1,091	1,169	1,072	0,974	0,984	1,004	1,051	1,085	1,075
2005-2004	1,178	0,793	1,048	1,020	1,042	0,869	1,070	1,052	0,944	1,181	1,031	1,001	0,990	1,047	1,004	1,054	1,063	1,011

Índice de Malmquist																		
	Agespisa	Caema	Caern	Cagece	Cagepa	Casal	Casan	Cedae	Cesan	Compesa	Copasa	Corsan	Cosanpa	Deso	Embasa	Sabesp	Saneago	Sanepar
2015-2014	0,910	1,045	0,969	1,063	0,982	1,096	1,068	1,046	1,071	1,055	1,034	1,043	1,028	1,044	1,053	1,047	1,060	1,059
2014-2013	1,198	1,437	1,192	1,183	1,191	1,220	1,380	1,320	1,302	1,269	1,360	1,512	1,331	1,231	1,403	1,305	1,418	1,547
2013-2012	1,091	1,029	1,070	1,037	1,067	1,130	1,075	1,055	1,085	1,036	1,055	1,025	1,058	1,097	1,032	1,055	1,025	1,062
2012-2011	1,171	0,896	1,182	1,197	1,185	1,174	0,967	1,028	1,055	1,116	0,970	0,905	0,976	1,089	0,966	1,029	0,923	0,784
2011-2010	0,831	0,868	0,795	0,745	0,792	0,869	0,934	0,761	0,875	0,776	0,822	0,942	0,948	0,877	0,851	0,775	0,912	1,027
2010-2009	0,894	0,985	0,920	0,925	0,908	0,889	0,952	0,984	0,910	0,934	1,010	0,980	0,992	0,916	0,989	1,040	0,976	1,011
2009-2008	1,164	1,008	1,114	1,053	1,109	1,202	1,094	1,017	1,151	1,046	0,991	1,027	1,001	1,154	1,009	0,991	1,021	1,001
2008-2007	0,866	0,999	0,942	1,041	0,951	0,771	0,934	1,004	0,891	1,035	0,988	0,986	0,987	0,887	1,001	0,989	1,000	0,995
2007-2006	1,151	1,061	1,129	1,165	1,159	1,221	1,000	1,070	1,049	1,153	1,087	1,007	1,015	1,040	1,059	1,142	1,012	0,948
2006-2005	1,028	0,962	0,962	0,899	0,965	1,084	1,079	0,929	1,074	0,896	0,942	1,029	0,970	1,076	0,968	0,897	1,032	1,075
2005-2004	0,994	1,009	1,012	1,020	1,010	0,869	0,970	1,013	0,940	1,015	1,010	1,013	1,010	0,923	1,008	1,014	1,008	1,011

FONTE: O AUTOR (Resultados da pesquisa)

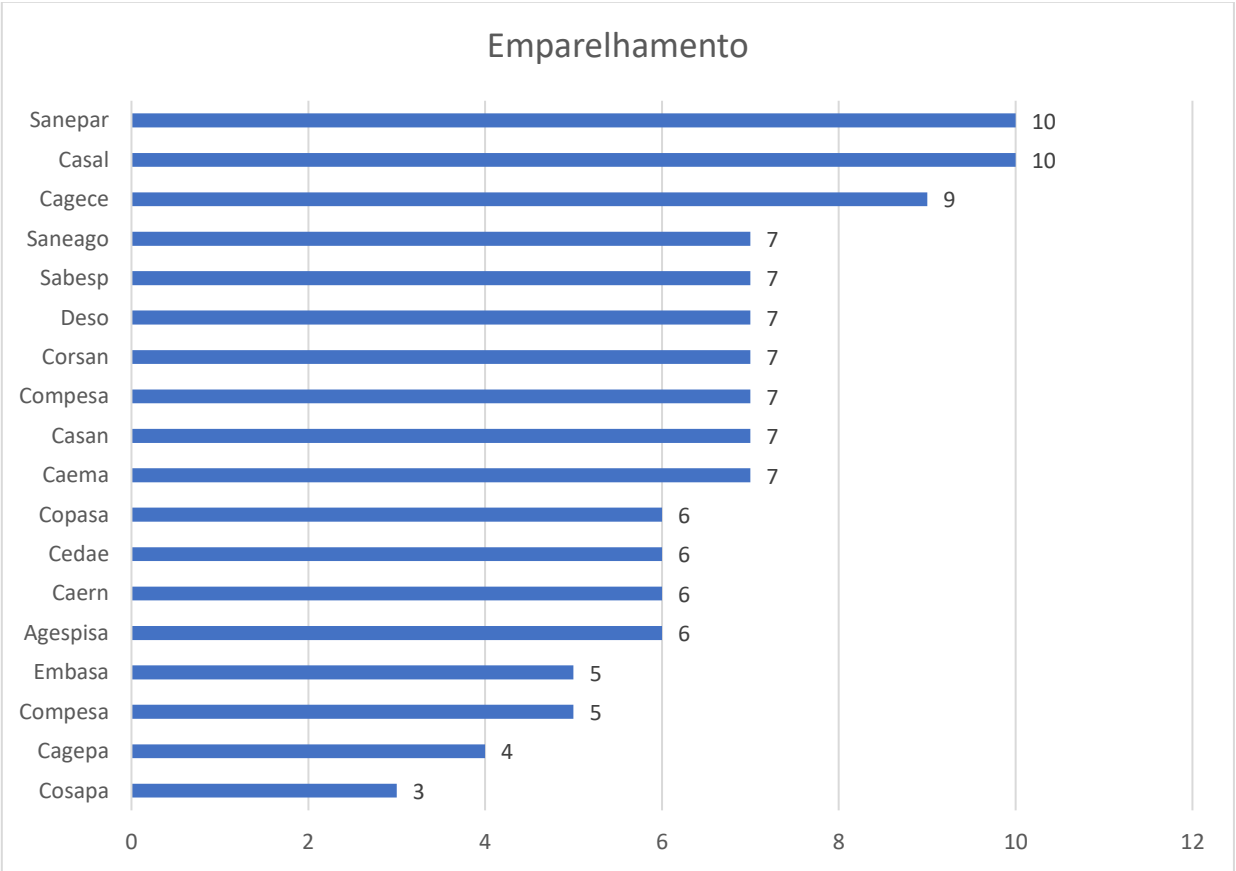


TOTAL	14	17	14	11	7	6	12	11	15	5	7	6
-------	----	----	----	----	---	---	----	----	----	---	---	---

FONTE: Resultados da pesquisa

A partir dos dados apresentados na FIGURA 156, é possível verificar a quantidade de vezes que determinada companhia logrou melhora na eficiência técnica.

FIGURA 15 – EFICIÊNCIA TÉCNICA



FONTE: Resultados da pesquisa

Verifica-se que a Sanepar e a Casal, no período analisado, foram as empresas que apresentaram maior frequência em termos de melhoria da eficiência técnica, seguidas pela Cagece. A empresa de pior desempenho foi a Cosanpa.

## 6.2 ÍNDICE DE DESLOCAMENTO DA FRONTEIRA

A TABELA 51 apresenta os resultados do Índice de Deslocamento de Fronteira. Verifica-se que, nos anos de 2005 e 2006, 14 empresas obtiveram progresso nas inovações tecnológicas, e em 2007 e 2008, o número de empresas nessa condição caiu para oito, voltando a crescer nos anos de 2009 e 2010. De forma semelhante ao emparelhamento, em geral, o número de empresas com deslocamento da fronteira nos anos de 2011 a 2015 se elevou. Apenas seis empresas não melhoraram em termos de tecnologia nos anos de 2013 e 2014, e, no ano de 2015, caiu para cinco o número de empresas que não inovaram.

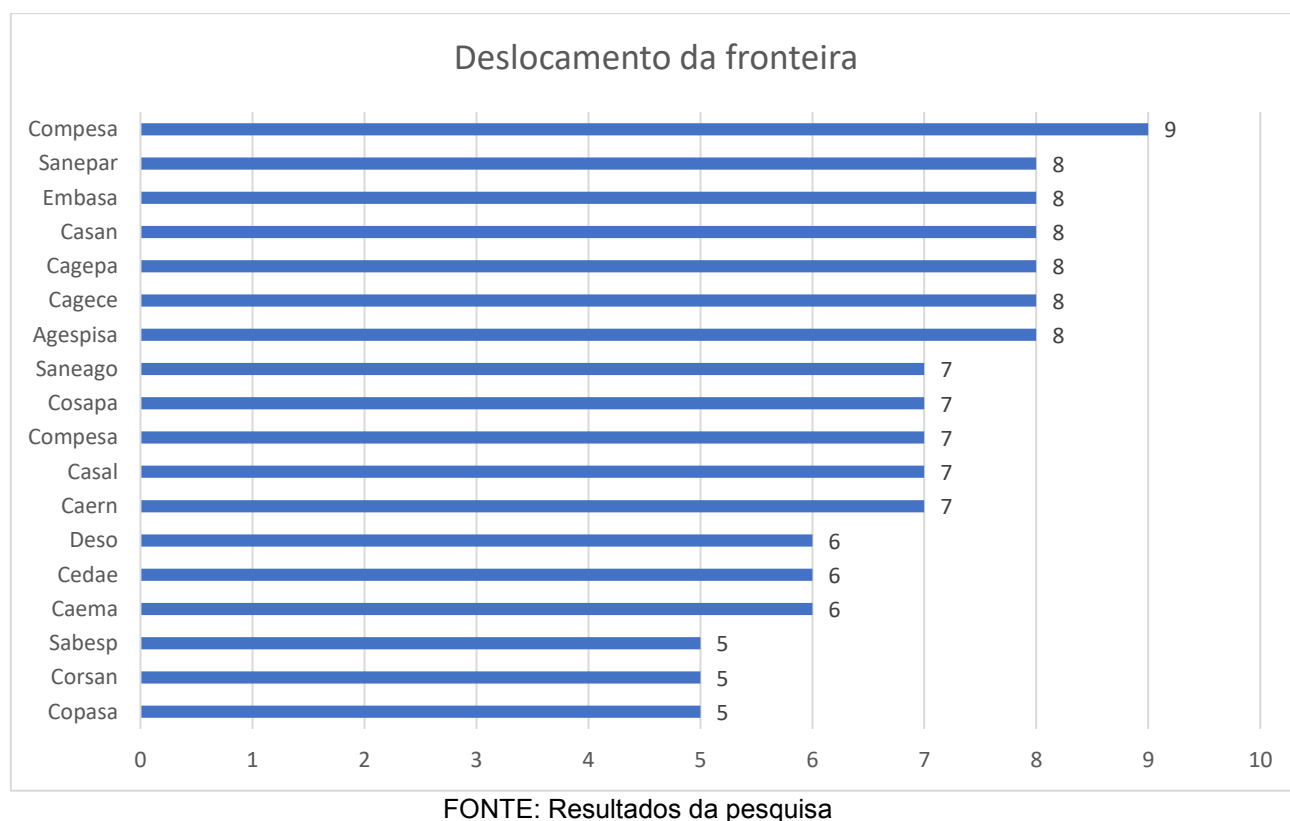
TABELA 51 – DESLOCAMENTO DA FRONTEIRA

<b>Emparelham.</b>	<b>15-14</b>	<b>14-13</b>	<b>13-12</b>	<b>12-11</b>	<b>11-10</b>	<b>10-9</b>	<b>9-8</b>	<b>8-7</b>	<b>7-6</b>	<b>6-5</b>	<b>5-4</b>	<b>Total</b>
Agespisa	0,850	1,021	1,057	1,074	0,739	1,151	1,238	0,984	1,001	1,075	1,178	8
Caema	1,012	2,351	1,014	0,872	0,479	1,374	1,249	0,975	0,692	1,200	0,793	6
Caern	1,039	1,090	1,005	0,990	0,977	1,086	1,092	0,913	0,986	1,046	1,048	7
Cagece	1,063	1,060	1,082	1,280	0,745	0,925	1,053	1,041	1,165	0,899	1,020	8
Cagepa	1,069	1,004	1,082	0,961	0,919	1,190	0,994	1,042	1,022	1,054	1,042	8
Casal	1,126	1,220	1,130	1,174	0,869	0,889	1,202	0,771	1,221	1,084	0,869	7
Casan	1,008	1,103	1,003	0,931	1,105	1,093	1,013	1,117	0,987	0,959	1,070	8
Cedae	1,042	0,830	0,977	1,100	0,862	0,710	1,016	0,704	1,094	1,128	1,052	6
Compesa	0,976	1,148	1,016	1,045	1,025	1,063	0,975	0,921	1,059	1,167	0,944	7
Compesa	1,017	1,021	0,971	1,083	1,018	1,021	1,035	1,031	0,971	1,091	1,181	9
Copasa	1,031	0,964	1,029	0,988	0,976	1,044	0,982	0,926	0,936	1,169	1,031	5
Corsan	0,942	0,922	0,980	1,172	0,896	1,389	1,114	0,961	0,940	1,072	1,001	5
Cosanpa	1,145	0,951	1,079	1,002	0,887	1,023	1,019	1,038	1,056	0,974	0,990	7
Deso	0,982	1,025	0,989	1,048	0,933	1,121	1,142	1,054	0,992	0,984	1,047	6
Embasa	1,000	0,938	0,983	1,112	1,072	1,031	1,026	1,040	0,984	1,004	1,004	8
Sabesp	0,782	0,992	0,989	0,962	1,093	0,939	1,073	0,989	1,023	1,051	1,054	5
Saneago	1,037	1,090	1,023	0,926	1,186	0,968	0,996	1,001	0,973	1,085	1,063	7
Sanepar	1,059	1,073	1,532	0,784	1,027	1,011	1,001	0,995	0,948	1,075	1,011	8
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	

FONTE: Resultados da pesquisa

Na FIGURA 167, verifica-se a frequência das empresas que obtiveram progresso tecnológico no período de 2004 a 2015.

FIGURA 16 – PROGRESSO TECNOLÓGICO



Nos 12 anos analisados, a Compesa foi a companhia que mais obteve progresso tecnológico, completando nove anos do total do período. As companhias Sanepar, Embasa, Casan, Cagepa, Cagece e Agespisa aparecem com progresso tecnológico em oito anos. As menores frequências foram observadas nas companhias Sabesp, Corsan e Copasa.

### 6.3 ÍNDICE DE MALMQUIST

O Índice de Malmquist é obtido por meio da multiplicação entre o Índice de Emparelhamento e o Índice de Deslocamento de Fronteira. Conforme os resultados do Índice de Malmquist na TABELA 51, verifica-se que, no período de 2005 a 2011, os ganhos de produtividade oscilaram consideravelmente, destacando-se os anos de 2007 e 2009 como os anos em que a maioria das empresas obteve melhorias na produtividade.

Por outro lado, os anos de 2010 e 2011 foram marcados pelo pior desempenho do setor, mas as companhias melhoraram suas produtividades novamente no período de 2011 a 2015. Em termos gerais, do período de 2011 em diante, aumentou o número de empresas com Índices de Malmquist maior que 1. Cabe ressaltar que o resultado é influenciado, principalmente, pelo efeito deslocamento da fronteira, ou seja, pelas mudanças institucionais implementadas no setor.

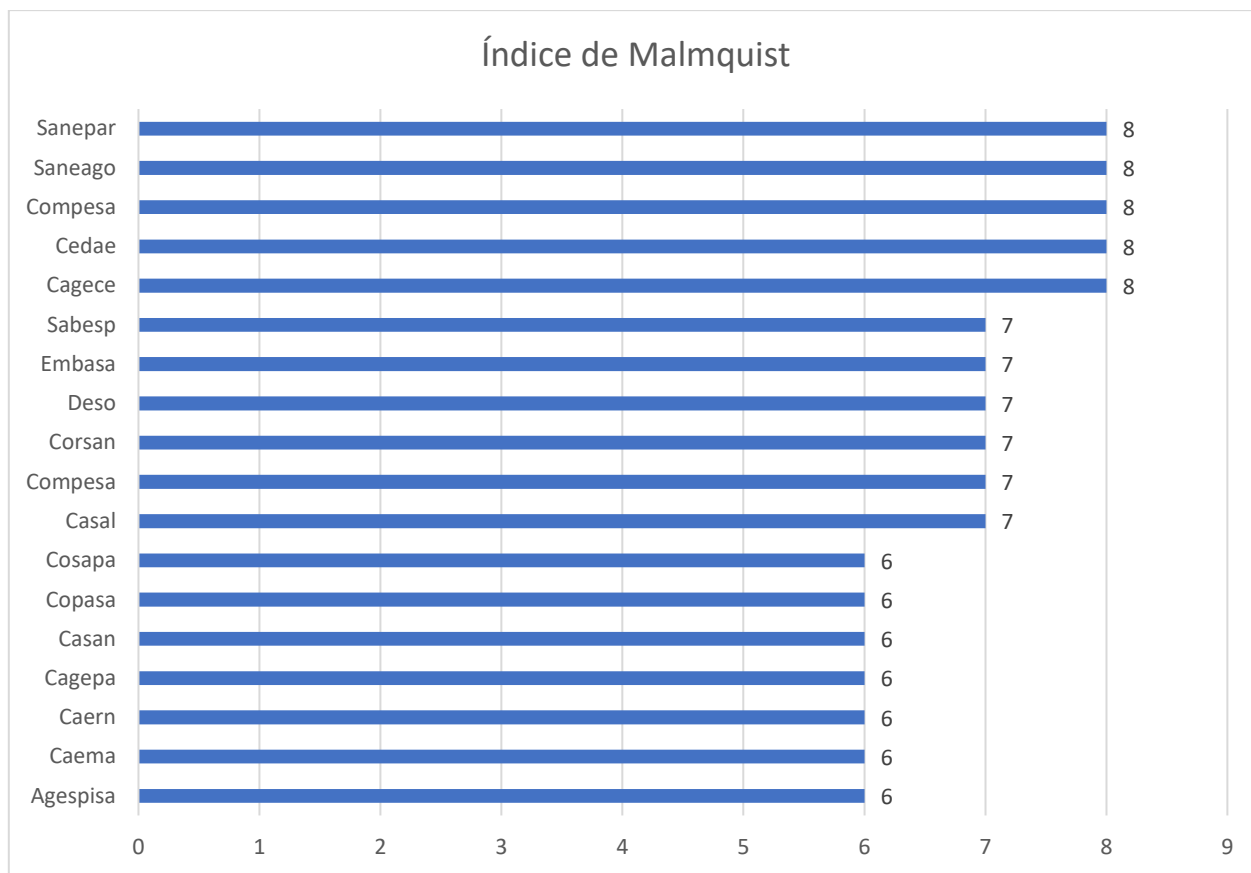
TABELA 52 – ÍNDICE DE MALMQUIST

<b>Emparelham.</b>	<b>15-14</b>	<b>14-13</b>	<b>13-12</b>	<b>12-11</b>	<b>11-10</b>	<b>10-9</b>	<b>9-8</b>	<b>8-7</b>	<b>7-6</b>	<b>6-5</b>	<b>5-4</b>	<b>Total</b>
Agespisa	0,910	1,198	1,091	1,171	0,831	0,894	1,164	0,866	1,151	1,028	0,994	6
Caema	1,045	1,437	1,029	0,896	0,868	0,985	1,008	0,999	1,061	0,962	1,009	6
Caern	0,969	1,192	1,070	1,182	0,795	0,920	1,114	0,942	1,129	0,962	1,012	6
Cagece	1,063	1,183	1,037	1,197	0,745	0,925	1,053	1,041	1,165	0,899	1,020	8
Cagepa	0,982	1,191	1,067	1,185	0,792	0,908	1,109	0,951	1,159	0,965	1,010	6
Casal	1,096	1,220	1,130	1,174	0,869	0,889	1,202	0,771	1,221	1,084	0,869	7
Casan	1,068	1,380	1,075	0,967	0,934	0,952	1,094	0,934	1,000	1,079	0,970	6
Cedae	1,046	1,320	1,055	1,028	0,761	0,984	1,017	1,004	1,070	0,929	1,013	8
Compesa	1,071	1,302	1,085	1,055	0,875	0,910	1,151	0,891	1,049	1,074	0,940	7
Compesa	1,055	1,269	1,036	1,116	0,776	0,934	1,046	1,035	1,153	0,896	1,015	8
Copasa	1,034	1,360	1,055	0,970	0,822	1,010	0,991	0,988	1,087	0,942	1,010	6
Corsan	1,043	1,512	1,025	0,905	0,942	0,980	1,027	0,986	1,007	1,029	1,013	7
Cosanpa	1,028	1,331	1,058	0,976	0,948	0,992	1,001	0,987	1,015	0,970	1,010	6
Deso	1,044	1,231	1,097	1,089	0,877	0,916	1,154	0,887	1,040	1,076	0,923	7
Embasa	1,053	1,403	1,032	0,966	0,851	0,989	1,009	1,001	1,059	0,968	1,008	7
Sabesp	1,047	1,305	1,055	1,029	0,775	1,040	0,991	0,989	1,142	0,897	1,014	7
Saneago	1,060	1,418	1,025	0,923	0,912	0,976	1,021	1,000	1,012	1,032	1,008	8
Sanepar	1,059	1,547	1,062	0,784	1,027	1,011	1,001	0,995	0,948	1,075	1,011	8
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>16</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	

FONTE: Resultados da pesquisa

A FIGURA 178 apresenta a frequência com que as companhias obtiveram valores maior do que 1, ou seja, a frequência de expansão da produtividade ao longo do período analisado.

FIGURA 17 – EFICIÊNCIA INTERTEMPORAL



FONTE: Resultados da pesquisa

Conforme apresentado na FIGURA 178, todas as empresas, em algum momento, obtiveram melhoras na produtividade. Contudo, as empresas mais produtivas foram a Sanepar, Saneago, Compesa, Cedae e Cagece. Essas empresas apresentam os dois índices elevados. Em termos gerais, pode-se concluir que todas as companhias se tornaram produtivas ao longo do tempo, pois não há nenhuma delas com Índice de Malmquist menor que 1 em todo o período. Ressalta-se que o resultado é influenciado, principalmente, pelo efeito deslocamento da fronteira, ou seja, pelas mudanças institucionais implementadas no setor de saneamento do Brasil.



## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, com a sanção da Lei de Saneamento (LNSB), novas diretrizes e exigências da Lei n. 11.445/2007 e um cenário regulatório começaram a chamar atenção das empresas. Desde o marco regulatório, vários esforços têm sido despendidos no intuito de melhorar a sistematização dos serviços regulados. A eficiência é um dos princípios fundamentais dessa lei. A eficiência econômica é maximizada quando não existem falhas de mercado, e, na presença destas, a regulação é um dos mecanismos disponíveis para restaurar o potencial de eficiência na operação dos mercados.

Apesar de a LNSB considerar a eficiência econômica um dos princípios fundamentais, as companhias prestadoras do serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário, em sua maioria, ainda não incorporaram a produtividade e a eficiência econômica em seus modelos tarifários, e mesmo aquelas que as incorporaram, não são muito claras quanto à metodologia adotada.

A fim de conhecer os níveis de eficiência e potencialidades, este estudo de *benchmarking* objetivou verificar a eficiência das empresas de saneamento do Brasil. A análise de desempenho dos operadores assume relevância, pois permite a avaliação e o apoio ao processo regulatório e à tomada de decisões, bem como a definição de estratégias por parte dos agentes. O *benchmarking* identifica processos, práticas e métodos gerenciais para avaliar um ambiente competitivo, de modo que se estabelece um monitoramento contínuo para garantir a descoberta das melhores práticas<sup>37</sup> exercidas por outras empresas.

As companhias buscam desempenhos cada vez melhores; contudo, nem sempre dispõem de metodologias viáveis à sua análise para avaliar todas as perspectivas de avaliação de desempenho. Diante desse cenário, a proposta deste estudo foi estimar a eficiência técnica e o progresso tecnológico do setor de saneamento no Brasil, no período de 2004 a 2015. Em um momento em que se discute sobre a possibilidade de

---

<sup>37</sup> É o conjunto de práticas de gestão e de trabalho de um grupo de empresas similares, que resultam no potencial de produção mais elevado ou na quantidade ótima de combinações dos produtos para dado nível fixo de combinações de insumos.

privatizações do setor, surgem muitas discussões sobre a viabilidade do setor; portanto, é interessante estudar até que ponto dada companhia é mais ou menos eficiente e em que medida necessita melhorar seu desempenho.

Para tanto, realizou-se uma revisão da literatura sobre o tema apresentado, envolvendo a literatura sobre o saneamento básico e seus principais conceitos, e sobre as principais técnicas adotadas para mensuração do desempenho do setor. Foi realizado um estudo das metodologias de avaliação de desempenho.

Existem duas classes de técnicas de análise de eficiência produtiva: (I) as paramétricas, apoiadas numa função produção, que relacionam os *inputs* às máximas quantidades de *outputs* possíveis de serem produzidas; e (II) as não paramétricas, que buscam estimar a eficiência a partir da construção empírica de uma fronteira de eficiência que serve de base para a análise da eficiência.

Entre as técnicas paramétricas de análise da eficiência produtiva, pode-se citar (a) as funções pré-determinadas e (b) a *Stochastic Frontier Analysis* (SFA); entre as técnicas não paramétricas, pode-se citar (i) a *Data Envelopment Analysis* (DEA) e o Índice de Malmquist.

A análise empírica do estudo validou 18 companhias, um insumo e três produtos para aferir a capacidade de resposta das empresas na prestação do serviço. As metodologias adotadas para a mensuração do desempenho das empresas, considerando-se a mesma amostra, foram as seguintes: primeiramente, a fronteira estocástica de produção; depois, a Análise Envoltória de Dados; e, por fim, a técnica de mensuração da eficiência intertemporal, sob o enfoque do Índice de Malmquist. Quanto às abordagens adotadas, cabe salientar que partem de pressupostos diferentes.

Inicialmente, foram apresentadas as principais características do setor de saneamento no Brasil. Com base no banco de dados consolidado do Sistema Nacional de Informações em Saneamento (SNIS, 2014), foi possível apresentar dados, análises e sínteses que demonstram a situação do saneamento em cada uma das cinco regiões do Brasil, com relação ao abastecimento de água, coleta de esgoto e tratamento de esgoto.

Em 2015, o SNIS apurou informações referentes ao abastecimento de água em 5.088 municípios, cuja população urbana somou 169 milhões de habitantes.

Considerando o total da população, a pesquisa assegura uma representatividade de 97,8% em relação à população urbana do Brasil e 91,3% em relação ao total de municípios. Para o esgotamento sanitário, a quantidade de municípios é de 3.799, e a população urbana representa 158,9 milhões de habitantes, uma representatividade de 68,2% em relação ao total de municípios e de 92% em relação à população urbana do Brasil.

A partir dos indicadores regionais de água e esgoto, verifica-se que as regiões Norte e Nordeste possuem déficit no abastecimento de água e esgotamento sanitário: enquanto a média nacional de cobertura urbana é de 93%, nas regiões citadas, as médias de distribuição são de 68% e 89%, respectivamente; e quanto ao índice de coleta de esgoto urbano, a média nacional é de 58%, enquanto nas regiões Norte e Nordeste são de 9,9% e 31,1%, respectivamente. Por outro lado, o indicador de coleta e tratamento de esgoto evidencia algo interessante: os estados das regiões Norte, Nordeste e Sul coletam menos que a média nacional e tratam mais.

Quanto ao consumo médio *per capita* das regiões, verifica-se que a região Sudeste apresentou redução maior que a média nacional no consumo em 2014, comparada com a média dos três anos anteriores. Destaca-se que a região de São Paulo teve o ano de 2014 marcado pela crise hídrica. Esse fato serviu para conscientizar a população em geral a racionalizar o consumo, refletindo diretamente nas regiões Norte e Nordeste. Por outro lado, a região Sul, na média, parece não ter sofrido o impacto da conscientização. A região Centro-Oeste demonstrou pouca variação, porém positiva.

O índice de perdas é muito elevado, o que realmente poderia reduzir o esgoto em relação à água micromedida. As perdas na distribuição representam prejuízos para as companhias e a sociedade em geral, principalmente para esta última, pois parte das perdas são repassadas via tarifas, que constituem grandes problemas nos sistemas de abastecimento de água. No ambiente de atuação das companhias estaduais de saneamento, a média nacional das perdas é de 37%, mas as regiões Norte e Nordeste estão bem acima da média, com 52% e 48%, respectivamente.

Em 2014, as tarifas médias praticadas no âmbito nacional foram de R\$ 2,75, com a região Sul apresentando a maior tarifa, R\$ 3,40, e a região Sudeste, a menor tarifa, R\$

2,54. Isso representa uma diferença de tarifa entre as regiões de 34%. Comparado com a média nacional, a tarifa da região Sul é 24% mais cara, enquanto a da região Sudeste é 8% inferior à média nacional. Por outro lado, as despesas do Norte e Nordeste são, respectivamente, 28% e 12% superiores à tarifa praticada, isto é, essas regiões têm tarifas subsidiadas pelo governo, fato que talvez justifique o elevado nível de perdas, pois combater perdas tem alto custo.

No que concerne ao total de empregados, deve-se considerar que, além dos postos de trabalhos diretos, a atividade do saneamento gera empregos na indústria de materiais, obras, comércio etc. Quanto ao índice de produtividade, é possível concluir que não existe um padrão facilmente verificado de maior produtividade nos diversos níveis de abrangência. No entanto, é possível observar que o número de ligações por funcionário pode ser maior em função do adensamento populacional. Por exemplo, enquanto a média nacional é de 391 ligações por empregado, a região Sudeste tem 445, e a região Norte, 217 ligações.

Em linhas gerais, o saneamento no Brasil necessita ser encarado como um bem ou serviço com valor econômico compatível com o custo dos tratamentos. Nos casos do Norte e Nordeste, verificou-se que os custos de fornecimento de água, coleta e tratamento de esgoto são superiores aos preços praticados. Também se verificou que os maiores índices de perdas estão nessas regiões. Logo, a prática de preços abaixo do custo é prejudicial ao meio ambiente, pois boa parte da água captada se perde até a distribuição final. Além disso, a prática de preços inferiores impossibilita a universalização do saneamento.

Os modelos de SFA envolvem uma função de produção específica para dados *cross-section* com um termo de erro com duas componentes: uma componente determinística, que inclui a função de produção e outras variáveis que afetam a produtividade, e um termo de erro composto por duas componentes que servem para contabilizar os efeitos aleatórios e a ineficiência tecnológica, respectivamente. Os parâmetros do modelo especificado foram estimados a partir do método de máxima verossimilhança. Os parâmetros foram obtidos a partir da função SFA do pacote R, que estimou uma fronteira de produção de Cobb-Douglas.

Para a técnica SFA, das 18 empresas analisadas, duas podem ser consideradas *benchmark*: a Cagece (CE) e a Sanepar (PR). No período dos doze anos verificados, essas empresas apareceram como eficientes em onze e dez anos, respectivamente, com eficiência verificada igual a 1. Logo, elas podem ser consideradas referências. A Caema (MA) apareceu por cinco anos como eficiente, seguida pela Cosanpa (PA), que apareceu três vezes. A Copasa (MG), Caern (RN) e Agespisa (PI) apareceram uma vez.

A análise a partir da SFA indica que a Cagece (CE) pode ser considerada líder global; isto é, é vista como a empresa que possui as melhores práticas, e isso chama a atenção de outras empresas no sentido de procurar segui-la.

A técnica DEA combina a estimativa da tecnologia com a mensuração do desempenho relacionado a essa tecnologia. Dessa forma, a técnica integra os dois problemas básicos: a) definir um padrão de desempenho, a tecnologia, e b) avaliar realizações em relação ao padrão estabelecido. Esta técnica é determinística e os desvios em relação à fronteira de eficiência são tomados como unicamente devidos às ineficiências das DMU.

A técnica DEA combina a estimativa da tecnologia com a mensuração do desempenho relacionado a essa tecnologia. Dessa forma, a técnica integra os dois problemas básicos: i) definir um padrão de desempenho, a tecnologia, e b) avaliar realizações em relação ao padrão estabelecido

Das 18 empresas analisadas pela técnica DEA, quatro empresas podem ser consideradas *benchmark*: Cagece (CE), Casal (AL), Sabesp (SP) e Sanepar (PR). No período dos 12 anos verificados, essas empresas apareceram todos os anos como empresas de referência, sendo a eficiência verificada igual a 1. Deso (SE), Copasa (MG) e Caema (MA) apareceram por seis anos como eficientes, seguidas por Compesa (PE) e Cosanpa (PA), que apareceram quatro vezes. Caern (RN), Agespisa (PI), Cesan (ES) e Embasa (BA) apareceram três vezes. As demais não apareceram em nenhum ano como empresas eficientes.

Da mesma forma que a Cagece (CE) e a Sanepar (PR), na análise da SFA, a Casal (AL) e a Sabesp (SP), na DEA, são consideradas líderes globais, pois, do ponto

de vista de outras seguidoras, elas são vistas como as empresas com as melhores práticas.

Nos modelos DEA, a análise se desenvolve em condições estáticas, isto é, os dados são modelados para um período específico de tempo. O Índice de Malmquist surge como uma extensão dessa abordagem não paramétrica, sob situações dinâmicas; ou seja, permite analisar o desempenho da eficiência em períodos de tempos diferentes.

O Índice de Malmquist é decomposto em dois tipos de efeitos: o emparelhamento, que representa a mudança na eficiência técnica, e o deslocamento da fronteira, que aponta para uma mudança tecnológica. Assim, o objetivo desta análise foi avaliar o desempenho da eficiência das empresas desde 2004 a 2015.

Das 18 empresas analisadas, para o período de 2004 a 2012, verificou-se que, em geral, houve melhora na eficiência técnica, pois aumentou o número de empresas com índices maiores que 1. Ao longo do período observado, a Sanepar (PR) e a Casal (AL) foram as que apresentaram maior frequência em termos de melhoria da eficiência técnica, seguidas pela Cagece (CE), e a empresa de pior desempenho foi a Cosanpa (PA).

Quanto ao Índice de Deslocamento de Fronteira, verificou-se que, nos 12 anos analisados, a Compesa (PE) foi a companhia que mais obteve progresso tecnológico, integrando nove anos. As companhias Sanepar (PR), Embasa (BA), Casan (SC), Cagepa (PA), Cagece (CE) e Agepisa (PI) aparecem com progresso tecnológico em oito anos. As menores frequências foram identificadas nas empresas Sabesp (SP), Corsan (RS) e Copasa (MG).

Verificou-se que, ao longo do período analisado, todas as empresas, em algum momento, obtiveram melhorias na produtividade. Contudo, as empresas mais produtivas foram a Sanepar (PR), Saneago (GO), Compesa (PE), Cedae (RJ) e Cagece (CE). Essas empresas apresentam os dois índices elevados. Em termos gerais, pode-se concluir que todas as companhias se tornaram produtivas ao longo do tempo, pois não há nenhuma delas com Índice de Malmquist menor que 1 em todo o período.

Ressalta-se que o resultado é influenciado, principalmente, pelo efeito deslocamento da fronteira, ou seja, pelas mudanças institucionais implementadas no setor de saneamento do Brasil.

Quanto aos resultados gerados pelas técnicas, foram citados alguns estudos, e, na prática, o que se verificou está alinhado com o exposto no referencial teórico. Constatou-se que as técnicas não são substitutas, mas podem ser vistas como técnicas complementares. No entanto, a técnica DEA é mais fácil para aplicação, por não exigir a definição da forma funcional da fronteira. Outro fator que pode ser levado em consideração na tomada de decisão sobre qual modelo adotar refere-se ao  $\lambda$ . Isto é, para todo o período verificado, foi a variância da ineficiência a responsável pela maior parcela do resíduo total.

Verificou-se que, apesar de as empresas consideradas *benchmark* não serem exatamente as mesmas nas diferentes técnicas, o conjunto de empresas com as melhores práticas foram muito semelhantes. Moreira e Fonseca (2005) afirmam que os modelos DEA e SFA obtêm estimativas da produtividade por meio de abordagens complementares, o que dificulta a comparabilidade entre eles, particularmente quando se admite uma componente estocástica nos dados.

Os modelos DEA e SFA obtêm estimativas da produtividade a partir de abordagens complementares, o que dificulta a comparabilidade entre eles, principalmente quando a SFA admite uma componente estocástica nos dados, enquanto a DEA é um modelo que supõe apenas a concavidade da função de produção e ignora o ruído aleatório.

Em suma, o presente estudo propôs a análise da eficiência incluindo o percentual de esgoto tratado. Como a Lei do Saneamento trata, entre outros fatores, da modicidade tarifária, é justo incluir a variável em questão, uma vez que é cobrado da população o tratamento do esgoto e também é comum o lançamento do esgoto no meio ambiente sem o correto tratamento.

## 7.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se continuar o estudo avaliando o desempenho das empresas em dois momentos: o primeiro momento, até o início da atuação em ambiente regulado, e o segundo, a partir da regulação. Dessa forma, pode-se examinar se houve melhora de desempenho das empresas reguladas e se essa mudança foi mais significativa em determinadas regiões.

Outra proposta para estudos futuros está relacionada aos debates ainda não resolvidos, na literatura, sobre o setor do saneamento, como, por exemplo, a definição da prestação do serviço, pública ou privada. O argumento para a operação privada é de que as empresas públicas, em geral, estão assentadas sob a hipótese de que são beneficiadas pela formação de monopólio, fator que pode proporcionar vantagem decorrente dos ganhos de escala e escopo.



## REFERÊNCIAS

ABBOTT, M.; COHEN, B. Productivity and efficiency in the water industry. **Utilities Policy**, v. 17, n. 3/4, p. 233-244, 2009.

ABBOTT, M.; COHEN, B.; WANG, W. C. The performance of the urban water and wastewater sectors in Australia. **Utilities Policy**, v. 20, n. 1, p. 52-63, 2012.

ABEL, L. **Avaliação cruzada da produtividade dos departamentos acadêmicos da UFSC utilizando DEA (Data Envelopment Analysis)**. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

AIDA, K.; COOPER, W. W.; PASTOR, J. T.; SUEYOSHID, T. Evaluating water supply services in Japan with RAM: a range-adjusted measure of inefficiency. **Omega – International Journal of Management Science**, v. 26, n. 2, p. 207-232, 1998.

AIGNER, D. J.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of Econometrics**, v. 6, p. 21-37, 1977.

ALMEIDA, M. R.; REBELATTO, D. A. N. Sistematização das técnicas para avaliar a eficiência: variáveis que influenciam a tomada de decisão estratégica. In: SEGET – SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 2., 2006, Resende. **Anais...** Resende: AEDB, 2006.

ALMEIDA, M. R. **A eficiência dos investimentos do programa de inovação tecnológica em pequena empresa (PIPE): uma integração da Análise Envoltória de Dados e Índice Malmquist**. 249 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

ANDERSEN, J. L.; BOGETOFT, P. Gains from quota trade: theoretical models and an application to Danish fishery. **European Review of Agricultural Economics**, v. 34, p. 105-127, 2007.

AUBERT, C.; REYNAUD, A. The impact of regulation on cost efficiency: an empirical analysis of Wisconsin water utilities. **Journal of Productivity Analysis**, v. 23, n. 3, p. 383-409, 2005.

AUGUSTO, L. G. S.; GURGELI, I. G. D.; CÂMARA NETO, H. F.; MELO, C. H.; COSTA, A. M. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1511-1522, 2012.

AZAMBUJA, A. M. V. **Análise de eficiência na gestão do transporte urbano por ônibus em municípios brasileiros**. 385 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BHANDARI, A.; MAITI, P. Efficiency of Indian manufacturing firms: textile industry as a case study. **International Journal of Business and Economics**, v. 6, n. 1, p. 71-88, 2007.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scales inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, Sept. 1984.

BARBOSA, A. **Pode a regulação econômica melhorar o desempenho econômico financeiro e a universalização dos serviços de águas e esgotos no Brasil?** Brasília: SEAE, 2012.

BATTESE, G. E. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to Paddy farmers in India. **Journal of Productivity Analysis**, v. 3, p. 153-169, 1992.

BECATTINI, G. The industrial district as a creative milieu. In: BENKO, G.; DUNFORD, M. **Industrial change and regional development**. London: Pinter, 1991. p. 102-114.

BHATTACHARYYA, A.; HARRIS, T.; NARAYANAN, R.; RAFFIEE, K. Specification and estimation of the effect of ownership on the economic efficiency of the water utilities. **Regional Science and Urban Economics**, v. 25, n. 6, p. 759-784, 1995a.

BHATTACHARYYA, A.; HARRIS, T.; NARAYANAN, R.; RAFFIEE, K. Technical efficiency of rural water utilities. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, Milwaukee, v. 20, n. 2, p. 373-391, 1995b.

BOGETOFT, P.; OTTO, L. **Benchmarking with DEA, SFA, and R**. New York: Springer Verlag, 2011.

BORJA, P.; MORAES, L. R. S. Saneamento como um direito social. In: ASSEMBLÉIA DA ASSEMAE, 35., 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Brasília: ASSEMAE, 2005.

BOTTASSO, A.; CONTI, M. Cost inefficiency in the English and Welsh water industry: an heteroskedastic stochastic cost frontier approach. **Economics Discussion Papers**, Essex University, n. 573, p. 1-25, 2003.

BRÄNNLUND, R.; FÄRE, R.; GROSSKOPF, S. Environmental regulation and profitability: an application to Swedish pulp and paper mills. **Environmental and Resource Economics**, v. 6, p. 23-36, 1995.

BRÄNNLUND, R.; CHUNG, Y.; FÄRE, R.; GROSSKOPF, S. Emissions trading and profitability: the Swedish pulp and paper industry. **Environmental and Resource Economics**, v. 12, p. 345-356, 1998.

BRASIL. Presidência de República. Casa Civil. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.937, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2007.

BYNERS, P.; GROSSKOPF, S.; HAYES, K. Efficiency and ownership: further evidence. **Review of Economics and Statistics**, v. 68, n. 2, p. 337-341, 1986.

BYRNES, J.; CRASE, I.; DOLLERY, B.; VILLANO, R. The relative economic efficiency of urban water utilities in regional New South Wales and Victoria. **Resource and Energy Economics**, v. 32, n. 3, p. 439-455, 2010.

CAMP, R. **Benchmarking**: identificando, analisando e adaptando as melhores práticas da administração que levam à maximização da performance empresarial. São Paulo: Pioneira, 1993.

CAMP, R. **Global cases in benchmarking**: best practices from organizations around the world. Milwaukee: ASQ Quality, 1998.

CARBAJAL, M. A. V. **Avaliação das condições de estabilidade de tensão considerando a atuação da regulação primária e secundária**. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

CARMO, C. M.; TÁVORA JUNIOR, J. L. Avaliação da eficiência técnica das empresas de saneamento brasileiras utilizando a metodologia DEA. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 31., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPEC, 2003.

CARVALHO, A. E. C. **Caminhos para a universalização dos serviços de água e esgotos no Brasil: a atuação das entidades reguladoras para indução da eficiência dos prestadores de serviços**. 140 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Pública) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

CASA NOVA, S. P. C. **Utilização da Análise por Envoltória de Dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis**. 350 f. Tese (Doutorado em Ciências Contábeis) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

CASTRO, C. E. T. de. **Avaliação da eficiência gerencial de empresas de água e esgotos brasileiras por meio da Envoltória de Dados (DEA)**. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

CAVES, D. W.; CHRISTENSEN L. R.; DIEWERT, W. E The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity. **Econometrica**, v. 50, n. 6, p. 1393-1414, 1982.

CAVES, R.; BARTON, D. **Efficiency in US manufacturing industries**. Cambridge (USA): The MIT Press, 1991.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

CHEN, Y.; IQBAL ALI, A. DEA Malmquist productivity measure: new insights with an application to computer industry. **European Journal Operational Research: EJOR**. Amsterdam, v. 159, n. 1, p. 239-249, 2004.

COELLI, T.; RAO, D. S. P.; BATTESE, G. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Springer, 2007.

CRUZ, C. E.; RAMOS, F. de S. Eficiência na gestão do saneamento básico e seus impactos sobre a promoção da saúde: uma aplicação da Análise Envoltória de Dados – DEA. In: XVII Encontro Regional de Economia, 17., 2012, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANPEC-Nordeste, 2012.

CRUZ, N. F.; MARQUES, R. C.; ROMANO, G.; GUERRINI, A. Measuring the efficiency of water utilities: a cross-national comparison between Portugal and Italy. **Water Policy**, v. 14, n. 5, p. 841-853, 2012.

CUBBIN, J.; TZANIDAKIS, G. Regression versus Data Envelopment Analysis for Efficiency Measurement: an application to the England and Wales regulated water industry. **Utilities Policy**, v. 7, p. 75-85, 1998.

DEPRINS, D.; SIMAR, L.; TULKENS, H. Measuring labor-efficiency in post offices. In: MARCHAND, M.; PETISEAU, P.; TULKENS, H. (Eds.). **The performance of public enterprises: concepts and measurements**. Amsterdam: North-Holland, 1984. p. 243-268.

ESTACHE, A.; KOUASSI, E. Sector organization, governance, and the inefficiency of African water utilities. **Policy Research Working Papers** – World Bank, Washington, D.C., n. 2890, 2002.

ESTACHE, A.; MARTÍN, A. R. How different is the efficiency of public and private water companies in Asia? **The World Bank Economic Review**, Washington, D.C., v. 16, n. 1, p. 139-148, 2002.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; NORRIS, M.; ZHANG, Z. Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries. **American Economic Review**, Pittsburgh, v. 84, p. 66-83, 1994.

FARIA, R. C.; FARIA, S. A.; MOREIRA, T. B. S. A privatização no setor de saneamento tem melhorado a performance dos serviços? **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, n. 28, p. 7-21, 2005.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)**, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957.

FERREIRA, C. M. C. F.; GOMES, A. P. **Introdução à Análise Envoltória de Dados: teoria, modelos e aplicações**. Viçosa: UFV, 2009.

FERRO, G.; ROMERO, C. A.; IGNACIO, C. Efficiency in saving lives: the influence of water and sanitation coverage. **Working Papers**, HAL, 2011. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/254419159\\_Efficiency\\_in\\_Saving\\_Infant\\_Lives\\_the\\_Influence\\_of\\_Water\\_and\\_Sanitation\\_Coverage](https://www.researchgate.net/publication/254419159_Efficiency_in_Saving_Infant_Lives_the_Influence_of_Water_and_Sanitation_Coverage)>. Acesso em: 18 maio 2017.

FILIPPINI, M.; HROVATIN, N.; ZORIC, J. Cost efficiency of Slovenian water distribution utilities: an application of stochastic frontier methods. **Journal of Productivity Analysis**, v. 29, n. 2, p. 169-182, 2008.

FRAQUELLI, G.; MOISO, V. **Cost efficiency and economies of scale in the Italian water industry**. Working paper presented at the Finanziamento del Settore Pubblico Conference, 2005.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de saneamento**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

GILLEN, D.; LALL, A. Developing measures of airport productivity and performance: an application of data envelopment analysis. **Transportation Research–E**, v. 33, p. 261-273, 1997.

GOMES, E. G.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; BIONDI NETO, L.; MEZA, L. A. Análise de eficiência das autoestradas federais brasileiras com portagens. **Revista Portuguesa e Brasileira de Gestão**, p. 68-75, 2004.

HEIZER, J.; RENDER, B. **Administração de operações, bens e serviços**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

HOUAISS, A. Dicionário Houaiss da língua portuguesa. São Paulo: **Objetiva**, 2001.

HOYO, J. J. G.; ESPINO, D. C.; TORIBIO, R. J. Determination of technical efficiency of Ösheries by stochastic frontier models: a case on the Gulf of Cadiz (Spain). **Journal of Marine Science**, Oxford, v. 61, p. 416-421, 2004.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas de saneamento 2011**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 12 ago. 2015.

JONDROW, J.; LOVELL, K.; MATEROV, I.; SCHMIDT, P. On the estimation of technical inefficiency in the Stochastic Frontier Production function model. **Journal of Econometrics**, v. 19, p. 233-238, 1982.

KIRKPATRICK, C.; PARKER, D.; ZHANG, Y. State *versus* private sector provision of water services in Africa: a statistical, DEA and stochastic cost frontier analysis. **Working Paper nº 70**, Center on Regulation and Competition, Manchester, 2004.

KOPP, R. J.; SMITH, V. K. Frontier production function estimates for steam electric generation: a comparative analysis. **Southern Economic Journal**, v. 46, n. 4, p. 1049-1059, 1980.

KUMBHAKAR, S. C.; LOVELL, K. C. A. **Stochastic Frontier Analysis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

LAMBERT, D., DICHEV, D.; RAFFIEE, K. Ownership and sources of inefficiency in the provision of water services. **Water Resources Research**, v. 29, p. 1573-1578, 1993.

LEWIN, A. Y.; MOREY, R. C. Measuring the output potential of public sector organisations: an application of Data Envelopment Analysis. **International Journal of Policy Analysis and Information Systems**, v. 5, n. 4, p. 267-285, 1981.

LIAQUAT, H.; IRFAN, A.; SAMI, A. Technical efficiency and its determinants: a case study of Faisalabad textile industry. **University Research Journal**, special issue, p.183-194, 2017.

LIN, C. Service quality and prospects for benchmarking: evidence from the Peru water sector. **Utilities Policy**, v. 13, n. 3, p. 230-239, 2005.

LIN, C.; BERG, S. V. Incorporating service quality into yardstick regulation: an application to the Peru water sector. **Review of Industrial Organization**, v. 32, n.1, p. 53-75, 2008.

LINDAU, L. A.; COSTA, M. B. B.; SOUSA, F. B. B. Em busca do *benchmark* da produtividade de operadores urbanos de ônibus. In: CARLOS NASSI, A. B. et al. (orgs.). **Transportes: experiências em rede**. S.l.: Recope; Finep, 2001. p.199-221.

LINS, M. P. E.; MEZA, L. A. **Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão**. Rio de Janeiro: COPPE; UFRJ, 2000.

LOVELL, K. Production frontiers and productive efficiency. In: FRIED, H.; LOVELL, K.; SCHMIDT, S. (Eds.). **The measurement of productive efficiency: techniques and applications**. Oxford: Oxford University Press, 1993. p. 3-67.

LUNDVALL, K.; BATTESE, G. Firm size, age and efficiency: evidence from Kenyan manufacturing firms. **The Journal of Development Studies**, v. 36, n. 3, p. 146-163, 2000.

LYNK, E. Privatisation, joint production and the comparative efficiencies of private and public ownership: the UK water industry case. **Fiscal Studies**, v. 14, n. 2, p. 98-116, 1993.

MACEDO, J. J.; SCHUNTZEMBERGER, A. M. S. Investimentos em saneamento básico e ampliações das liberdades substantivas. **Economia e Desenvolvimento**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 297-307, jul./dez. 2015.

MALMQUIST, S. Index numbers and indifference surfaces. **Trabajos de Estadística**, v. 4, n. 1, p. 209-242, 1953.

MARIANO, E. B.; ALMEIDA, M. R.; REBELATTO, D. A. N. Peculiaridades da Análise por Envoltória de Dados. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – SIMPEP, 22., 2014, Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 2014.



MARQUES, R. **A regulação dos serviços de água e de águas residuais: a aplicação de métodos não paramétricos de *benchmarking***. Dissertação submetida para obtenção de grau de Doutor. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2005.

MEEUSEN, W.; VAN DEN BROECK, J. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. **International Economic Review**, v. 18, p. 435-444, 1977.

MEIRELLES, D. S. Teorias de mercado e regulação: por que os mercados e o governo falham?. **Cadernos EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, p. 644-660, dez. 2010.

MELO, J. A. M.; JORGE NETO, P. M. Bem-estar social, regulação e eficiência no setor de saneamento básico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 35., 2007, Recife. **Anais...** Recife: ANPEC, 2007.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)**. Brasília: Notorium Tecnologia em Software, 2012.

MOREIRA, A. R. B.; FONSECA, T. C. R. **Comparando medidas de produtividade: DEA, Fronteira de Produção Estocástica**. Rio de Janeiro: IPEA, 2005. (Texto para Discussão n. 1069).

MUGISHA, S. Performance assessment and monitoring of water infrastructure: an empirical case study of *benchmarking* in Uganda. **Water Policy**, v. 9, n. 5, p. 475-491, 2007.

MURTHA, N. A.; CASTRO, J. E.; HELLER, L. Uma perspectiva histórica das primeiras políticas públicas de saneamento e de recursos hídricos no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 193-210, 2015.

NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K. Performance measurement system design – a literature review and research Agenda. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 15, n. 4, p. 80-116, 1995.

NORMAN, M.; STOKER, B. **Data Envelopment Analysis: the assessment of performance**. Chichester: John Wiley, 1991.

OLIVEIRA, A. L. S. **Saneamento básico no Brasil: limites e possibilidades de atuação do setor privado**. 97 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

OLIVEIRA, H. C.; GOMES, A. P. Eficiência na agroindústria avícola mineira. In: CONGRESSO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES, 5. 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, 2003.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Publicações da OMS** – 2013. Disponível em: <<http://www.who.int/eportuguese/publications/pt/>>. Acesso em: 13 jun. 2014.

PERTEL, M.; AZEVEDO, J. P. S.; VOLSCHAN JUNIOR, I. Uso de indicadores de perdas para seleção de um **benchmarking** entre as companhias estaduais de serviço de distribuição de água no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, p.159-168, 2016.

PITT, M.; LEE, L. The measurement and sources of technical inefficiency in the Indonesian weaving industry. **Journal of Development Economics**, v. 9, n. 1, p. 43-64, 1981.

PORTELA, M. Productivity change in the water industry in England and Wales: application of the metaMalmquist index. **Journal of the Operational Research Society**, v. 62, n. 12, p. 2173-2188, 2011.

REIS, D. A.; ESPERIDIÃO, F.; JORGE, M. A.; RIBEIRO, L. C. de S.; MOTA, T. de S.; SANTOS, J. C.; TAVARES, A. Estudo bibliométrico da produção científica nacional e internacional no setor de saneamento. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECHNOLOGICAL INNOVATION, 7., 2016, Aracaju. **Anais...** Aracaju: ISTI, 2016.

RODRIGUES, I. O. Abrangência dos serviços de saneamento. In: IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas de saneamento 2011**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. p. 16.

RODRIGUEZ, M. J. D. **El capital público en la economía española**. Madrid: Universidad Europea; CEES, 1998.

ROSANO-PENÑA, C.; ALBUQUERQUE, P. H. M.; DAHER, C. E. Dinâmica da produtividade e eficiência dos gastos na educação dos municípios goianos. **Revista de Administração Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 6, p. 845-865, dez. 2012.

SAIANI, C. C. S.; TONETO JUNIOR, R.; DOURADO, J. A. Déficit de acesso a serviços de saneamento ambiental: evidências de uma Curva Ambiental de Kuznets para o caso dos municípios brasileiros? **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 791-824, 2013.

SANTOS, M. L.; VIEIRA, W. C. **Métodos quantitativos em economia**. Viçosa: UFV, 2004.

SATO, J. M. **Utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) no estudo de eficiência do setor de saneamento**. 43 f. Dissertação (Mestrado em Economia Regional) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2011.

SAUER, J. **The efficiency of rural infrastructure: water supply in rural areas of transition**. Vienna: ERSA – European Regional Science Association, 2003.

SAWKINS, J. W.; ACCAM, B. **Comparative efficiency measurement in the Scottish water industry: an application of data envelopment analysis**. Discussion Paper, 94-12, University of Aberdeen, 1994.

SCARATTI, D.; MICHELON, W.; SCARATTI, G. Avaliação da eficiência da gestão dos serviços municipais de abastecimento de água e esgotamento sanitário utilizando Data Envelopment Analysis. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 4, p. 333-340, dez. 2013.

SCRIPTORE, J. S.; TONETO JUNIOR, R. A estrutura de provisão dos serviços de saneamento básico no Brasil: uma análise comparativa do desempenho dos provedores públicos e privados. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 46, n. 6, p. 1479-1504, nov./dez. 2012.

SEIFORD, L. M. **A bibliography of data envelopment analysis (1978-1990)**. Amherst: The University of Massachusetts, 1990.

SENGUPTA, J. K. **Efficiency analysis by production frontiers: the nonparametric approach**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1989.

SENGUPTA, J. K. **Dynamic and stochastic efficiency analysis economics of data envelopment analysis**. Singapura: World Scientific Publishing, 2000.

SEROA DA MOTTA, R.; MOREIRA, A. Efficiency and regulation in the sanitation sector in Brazil. **Utilities Policy**, v. 14, p. 185-195, 2006.

SHIROTA, R. **Efficiency in financial intermediation**: a study of the Chilean banking industry. 138 f. Dissertation (Ph.D.) – The Ohio State University, Ohio, 1995.

SILVEIRA, J. S. T.; MOREIRA, A. P.; PARRA, J. E. G.; BRUM, N. F. D. Análise econométrica das fronteiras estocásticas de eficiência de custos dos prestadores de serviços de água e esgotos no Brasil no período 1998-2002. **Revista Brasileira de Economia de Empresas**, Brasília, v. 9, n. 1, p. 61-75, 2009.

SIMONS, R. **Performance measurement & control systems for implementing strategy**: text & cases. New Jersey: Prentice-Hall, 2000.

SLACK, N. (Coord.). **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Coleta de dados do SNIS** – 2015. Brasília: Ministério das Cidades, 2015. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/index.htm>>. Acesso em: 12 jul. 2016.

SNSA – SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Brasília: Ministério das Cidades. 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/index.php/saneamento>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; BIONDI NETO, L. Curso de Análise de Envoltória de Dados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 37., 2005, Gramado. **Anais...** Gramado: SBPO, 2005.

SOUSA, A. C. A.; COSTA, N. R. Ação coletiva e veto em política pública: o caso do saneamento no Brasil (1998-2002). **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 8, p. 3541-3552, 2011.

SOUSA, A. C. A.; COSTA, N. R. Incerteza e dissenso: os limites institucionais da política de saneamento brasileira. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 47, n. 3, p. 587-599, maio/jun. 2013.

SOUZA, G.; FARIA, R.; MOREIRA, T. Estimating the relative efficiency of Brazilian publicly and privately owned water utilities: a stochastic cost frontier approach. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 43, n. 5, p. 1237-1244, 2007.

SPENDOLINI, M. J. **Benchmarking**. São Paulo: Makron Books, 1993.

SUEYOSHI, T.; AOKI, S. A use of a nonparametric statistic for DEA frontier shift: the Kruskal and Wallis rank test. **OMEGA: The International Journal of Management Science**, v. 29, p.1-18, 2001.

SURCO, D. F. **Desenvolvimento de uma ferramenta computacional para avaliação da eficiência técnica baseada em DEA**. 129 f. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SURCO, D. F.; WILHELM, V. E. *Software* DEA-SAED V1.0. Curitiba: UFPR/Setor de Tecnologia e de Ciências Exatas, 2004.

TAUILE, J. R.; DEBACO, E. S. Autogestão no Brasil: a viabilidade econômica de empresas geridas por trabalhadores. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA POLÍTICA, 7., 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba: View, 2002.

TEIXEIRA, J. C.; OLIVEIRA, G. S.; VIALI, A. M.; MUNIZ, S. S. Study of the impact of deficiencies of sanitation on public health in Brazil from 2001 to 2009. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 87-96, 2014.

THANASSOULIS, E. The use of data envelopment analysis in the regulation of UK water utilities: water distribution. **European Journal of Operational Research**, v. 126, n. 2, p. 436-453, 2000.

TONE, K. Malmquist productivity index. In: COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. (Eds.). **Handbook on Data Envelopment Analysis**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2004. p. 203-227.

TUPPER, H. C.; RESENDE, M. Efficiency and regulatory issues in the Brazilian water and sewage sector: an empirical study. **Utilities Policy**, v. 12, n. 1, p. 29-40, 2004.

UNESCO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos** – WWDR 2016. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/natural-sciences/environment/wwdr/>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

VARIAN, H. R. **Microeconomic analysis**. 2. ed. New York: W.W. Norton & Company, 1990.

VILELA, D. L. **Utilização do método Análise Envoltória de Dados para avaliação do desempenho econômico de corporativas de crédito**. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

WANG, Y. M.; CHIN, K. S.; YANG, J. B. Measuring the performances of decision-making units using geometric average efficiency. **Journal of the Operational Research Society**, v. 58, p. 929-937, 2007.

WILHELM, V. E. **DEA** – Apostila dirigida ao Curso de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, no Departamento de Matemática da Universidade Federal do Paraná, na disciplina de Data Envelopment Analysis, 2003.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION; UNICEF – UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND. **Progress on drinking water and sanitation**. Geneva; New York: WHO/UNICEF, 2012.

ZELLNER, A.; REVANKAR, N. S. Generalized production functions. **The Review of Economic Studies**, v. 36, n. 2, p. 241-250, 1969.

## ANEXO

**Observação:** A Cesan, nos anos de 2004, 2005 e 2009, apresentou tratamento de esgoto superior a 100%. Na prática, isso é impossível, de modo que foi feito um ajuste. Foi calculada a média entre o ano anterior e o ano posterior ao índice superestimado.

### ANEXO 1 – Inputs e outputs – SNIS

UF	PREST.	REF.	LIG.	REDE	%TRAT.	OPEX_A	PESSOAL	TERCEIR.	QUIM.	ENERG.	OUTROS	AGUA_PROD.
AL	CASAL	2015	437486	5581	96	312201891	146136359	62660133	2716835	51250959	49437605	160370
AL	CASAL	2014	440485	5520	93	250507413	114704098	85228724	2523835	36884392	11166364	152163
AL	CASAL	2013	428939	5308	96	200774061	87211638	66001495	1563166	35382984	10614777	150338
AL	CASAL	2012	419168	5144	100	175433196	81352047	30778756	1536345	39335783	22430265	151485
AL	CASAL	2011	391242	5044	99	140223442	70733182	19654065	2241191	34179527	13415477	145074
AL	CASAL	2010	371773	4347	100	149872131	54958985	41931557	2542502	31596986	18842101	142826
AL	CASAL	2009	356964	4269	100	159380557	71987801	34614884	2508217	34347769	15921886	123057
AL	CASAL	2008	356127	4106	96	123989107	48768024	27754400	2722657	32070638	12673389	119200
AL	CASAL	2007	351275	3783	94	150227207	68156670	31473619	2609964	32697975	15288979	117597
AL	CASAL	2006	335439	3663	99	121642261	43475981	35960725	2196444	27428433	12580678	116121
AL	CASAL	2005	327208	3503	100	109030215	41976731	7810932	1386836	29574052	28281664	113224
AL	CASAL	2004	321746	3503	100	118656984	41749667	40622175	1990517	24042077	10252547	113183
AP	CAESA	2015	68007	1183	86	54123215	29263410	8277743	7063749	5856318	3661994	61293
AP	CAESA	2014	67269	1183	87	50272174	27180406	8841924	5249994	5401752	3598097	59624
AP	CAESA	2013	67669	1151	93	56001983	24732604	10012726	7398930	142177	13715546	79468
AP	CAESA	2012	66262	1075	94	41641112	22499846	8082052	3507766	684876	6866572	70922
AP	CAESA	2011	66027	1075	93	52624071	23010488	4176842	3524612	2369943	19542186	70338
AP	CAESA	2010	65998	1075	0	40029378	22159357	4440472	3700737	3418693	6310120	68847
AP	CAESA	2009	62918	1067	0	39299911	19700914	3799384	3477046	3703759	8618809	58545
AP	CAESA	2008	63485	1052	100	30778143	18460039	3165092	2386306	3843402	2923305	67183
AP	CAESA	2007	65421	1043	96	27996526	15125113	2897366	2667415	4305698	3000933	65781
AP	CAESA	2006	65211	912	96	29245589	14508782	7718964	2770436	3894919	352487	61785

AP	CAESA	2005	62016	900	93	22074275	12603727	1656300	2557188	3231480	2025580	62159
AP	CAESA	2004	60927	895	93	22928296	12210423	4939969	2059618	3241530	476756	60746
BA	EMBASA	2015	3911126	46281	99	1727502553	552624217	564967629	64465548	202649928	340244257	711147
BA	EMBASA	2014	3772218	44883	99	1562091037	518504080	488345002	62050971	155218524	334148302	716932
BA	EMBASA	2013	3565631	42484	98	1508277969	510504545	439463289	43632614	138711667	368104987	717990
BA	EMBASA	2012	3387228	37784	99	1403759263	440427118	378380351	39195286	153532785	386320874	677727
BA	EMBASA	2011	3226372	37061	99	1163408498	369015091	344261827	39213003	144381153	264364205	659988
BA	EMBASA	2010	3074652	35797	99	988330621	299177606	310100169	37685681	131238524	203926596	657530
BA	EMBASA	2009	2909510	34612	99	868277446	257939748	274786347	39637640	121139363	167249985	654748
BA	EMBASA	2008	2709189	33165	99	764280972	214539470	220791778	33912321	123225269	165878587	638785
BA	EMBASA	2007	2635473	32709	99	680134668	192446059	181993511	28626392	127224179	145210521	629800
BA	EMBASA	2006	2490238	31402	99	628801566	174407983	178204245	26430556	116836524	127612498	612013
BA	EMBASA	2005	2307967	29884	97	566282327	145500771	172861198	25568135	90326102	131254266	599494
BA	EMBASA	2004	2156965	28474	99	499442417	123133307	166745069	25158221	75924567	107826402	577365
CE	CAGECE	2015	2157606	18287	100	791398742	235081621	206995260	40263051	103385988	157199438	371815
CE	CAGECE	2014	2078484	17000	100	669394682	241979169	164962404	42435396	66703179	114994702	387128
CE	CAGECE	2013	1992994	16589	100	586926916	163411462	162692642	36040481	57304767	134783360	368576
CE	CAGECE	2012	1917262	16107	100	504834094	145178183	144818347	32804356	66546843	84462390	378155
CE	CAGECE	2011	1844364	15397	100	364622611	135592217	129143834	34793552	65485244	-27221856	379844
CE	CAGECE	2010	1766342	14436	100	448282540	127563870	109009184	24846658	64077825	96998764	316640
CE	CAGECE	2009	1681250	13894	100	443907062	124617005	145293401	31073903	56686267	63457694	326247
CE	CAGECE	2008	1610261	13666	100	391787073	106767426	131271781	24581936	53523543	55474880	301758
CE	CAGECE	2007	1513187	12833	100	337615001	94686099	120638539	22987201	52074847	29485079	313102
CE	CAGECE	2006	1432848	13269	100	267045207	74316208	94802202	17838934	51794012	11911702	306992
CE	CAGECE	2005	1375792	12679	100	278550080	73754124	90114743	16336696	49294125	34441048	322333
CE	CAGECE	2004	1307949	12016	100	246961597	65553605	70416446	12573562	41272945	43689910	297073
DF	CAESB	2015	1148373	14287	100	1274785079	676963815	183489313	23025766	101123213	290182972	247120
DF	CAESB	2014	1109205	15222	100	1202474626	676276478	166650713	22219318	58381285	278946831	251115
DF	CAESB	2013	1110060	14509	100	1080329804	592002931	151887450	16682627	53138998	266617798	255958
DF	CAESB	2012	1080861	14074	100	1039001425	526514121	155092802	17074728	58013689	282306085	236273
DF	CAESB	2011	1051497	13530	100	866321833	419529900	155575442	18634022	54145274	218437195	234902



DF	CAESB	2010	1009998	13279	100	719825678	348990839	143986671	14027597	53142280	159678292	230714
DF	CAESB	2009	953139	12763	100	630189875	277990546	133975972	14983436	45697727	157542194	224519
DF	CAESB	2008	880898	12442	100	570602367	277614451	110733458	16645262	45034555	120574641	224806
DF	CAESB	2007	821643	11862	100	552991262	240738066	120658971	15556936	43369619	132667670	220490
ES	CESAN	2015	770127	11084	94	502446792	175113196	137827314	6547963	85235407	97722912	237708
ES	CESAN	2014	741936	10534	93	463255009	162975874	144187130	6743695	51905965	97442346	252333
ES	CESAN	2013	715595	9441	99	382918918	150669852	117177964	7184953	43506277	64379871	244154
ES	CESAN	2012	686404	9337	98	351936340	129096739	111547239	8094126	48398685	54799551	246669
ES	CESAN	2011	662661	8581	98	311706144	114725987	109630110	7749095	39070337	40530615	245796
ES	CESAN	2010	650645	8322	99	285682348	103443863	92352176	7323372	43412201	39150736	251611
ES	CESAN	2009	630499	8124	124	273277336	99157068	89879713	8977442	39914900	35348213	241184
ES	CESAN	2008	608599	7910	96	241350243	86759059	76056273	6891302	38151924	33491685	240161
ES	CESAN	2007	558441	7630	93	233109510	83950941	69972718	5125533	39334655	34725663	246121
ES	CESAN	2006	546555	7465	99	214806746	77964583	64178597	5860981	35219771	31582814	242501
ES	CESAN	2005	538416	7246	115	188600953	65508568	60222247	6252957	29226876	27390305	231478
ES	CESAN	2004	518060	6820	109	171775911	61704750	54404412	4856930	26643250	24166569	234536
GO	SANEAGO	2015	2865453	34751	88	1342241764	648565999	146611157	20323110	198746109	314851811	381627
GO	SANEAGO	2014	2718354	34037	90	1160626877	564153812	144500986	16265075	118452955	306375641	383801
GO	SANEAGO	2013	2541683	33280	88	969344888	444524060	103612892	13145936	102210311	295407068	371655
GO	SANEAGO	2012	2380143	31992	87	859102250	401539725	88926891	13051128	98707984	248933888	363969
GO	SANEAGO	2011	2228393	29276	87	833792490	343107855	78734122	13385097	83114570	308123826	352910
GO	SANEAGO	2010	2075245	28179	87	634984580	291079762	124622159	8090499	79468972	125471061	342226
GO	SANEAGO	2009	1948079	27280	85	591922698	260279631	110630830	10086249	75639706	132143609	322328
GO	SANEAGO	2008	1836661	26590	79	540755720	231104184	101006170	8762063	79567358	116159112	316868
GO	SANEAGO	2007	1755019	25761	79	494724250	204457426	89177533	7670322	81110117	108319886	321840
GO	SANEAGO	2006	1615710	24483	76	458168918	191403098	84873793	8093285	79428174	90730661	309270
GO	SANEAGO	2005	1540705	23698	78	397561899	152423953	78447752	7998398	70389722	85378987	298118
GO	SANEAGO	2004	1481860	22675	52	334357206	133878723	66654635	7104256	53010185	71161085	279025
MA	CAEMA	2015	682986	6814	37	423855634	240584521	55288880	13487381	94893463	19601388	311204
MA	CAEMA	2014	646295	6918	33	375969829	210980551	70154529	13197629	58818308	22818812	295184
MA	CAEMA	2013	704283	11469	22	169718519	86676906	9269709	11972486	58352016	3447402	339828

MA	CAEMA	2012	660544	11177	30	167369274	79796893	7039975	8225684	69787413	2519309	335868
MA	CAEMA	2011	646338	7753	23	154721090	74084778	6336586	10002668	60568623	3728434	305195
MA	CAEMA	2010	629569	7668	23	300743530	82379205	22386539	8882485	65170217	121925084	285242
MA	CAEMA	2009	581492	7322	19	192222750	89857767	31947526	7417142	60005089	2995226	223148
MA	CAEMA	2008	558159	7021	20	143468895	59237333	19714103	7573877	53590944	3352637	274998
MA	CAEMA	2007	574524	6939	20	143728738	58366619	26803301	5233613	50909841	2415364	286815
MA	CAEMA	2006	542875	6927	19	190215445	54829670	34444567	4740065	47999090	48202053	244236
MA	CAEMA	2005	579212	7088	13	162963260	51100875	26804578	4269682	38082237	42705889	218846
MA	CAEMA	2004	549738	6933	13	184765539	50592102	14641525	3332783	29664915	86534214	237266
MG	COPASA	2015	6637865	70564	73	2510678678	1283238345	308579804	46189951	377382970	495287607	897788
MG	COPASA	2014	6491707	69044	71	2226783728	1040376936	338905867	46265612	255743347	545491966	956333
MG	COPASA	2013	6240948	66107	67	2128032476	968543066	351292093	39324686	220079531	548793099	962018
MG	COPASA	2012	5966401	62516	63	1898476968	833412479	264280379	34577649	240366547	525839915	938867
MG	COPASA	2011	5729134	60419	58	1753607506	820393964	250257406	32777886	221567114	428611135	905930
MG	COPASA	2010	5457546	58927	53	1637412036	756845967	236391204	33466007	214359741	396349116	887213
MG	COPASA	2009	5225922	57078	44	1433879245	678132698	195612506	39569839	211999049	308565155	858745
MG	COPASA	2008	4926813	55606	50	1328029460	581574226	188645483	33405101	213583570	310821080	852411
MG	COPASA	2007	4693399	53337	41	1299240769	543016363	165200893	28819525	219729388	342474602	857820
MG	COPASA	2006	4429073	50969	32	1260089310	514566000	174552000	24006142	190987000	355978168	834561
MG	COPASA	2005	4257648	49158	29	1007165298	460340186	135679328	22710377	165408696	223026711	805343
MG	COPASA	2004	4110015	47834	29	892518176	414389570	110611994	20436505	140390467	206578519	799834
MS	SANESUL	2015	599310	10197	100	289736453	119148169	74126320	5072934	43520592	47868438	108209
MS	SANESUL	2014	573413	9561	100	253149562	100758454	75902428	4965029	28281343	43242308	109354
MS	SANESUL	2013	532688	7649	100	213569041	89749747	58026102	3584910	23036213	39172069	106059
MS	SANESUL	2012	494453	7304	97	191568219	81626755	47144662	2745142	24931617	35120043	104881
MS	SANESUL	2011	469414	7138	99	168578992	70169887	45203216	3135336	21831866	28238686	99766
MS	SANESUL	2010	435307	6880	98	150643668	34175515	28663715	2990593	18437061	66376784	97621
MS	SANESUL	2008	386642	6525	98	122473710	50166863	30635022	2280327	18420983	20970515	94480
MS	SANESUL	2007	366865	7355	97	106989149	43176872	22264787	2354659	20837602	18355229	93244
MS	SANESUL	2006	353823	6172	95	105111000	38847000	24968000	2167000	19227000	19902000	89159
MS	SANESUL	2005	340755	5995	53	96151000	36096000	24348000	1538000	16769000	17400000	88217

MS	SANESUL	2004	321106	5812	56	84865119	32030678	23903936	1235787	14100192	13594526	84210
PA	COSANPA	2015	424996	5513	25	273739217	139024449	44509563	15010095	71642268	3552842	158260
PA	COSANPA	2014	419097	5512	39	244742923	124632620	42635515	14697659	47801903	14975226	154771
PA	COSANPA	2013	402412	5005	29	218325814	117250379	42176395	13639409	38877576	6382055	151602
PA	COSANPA	2012	397588	4961	38	209663327	110245168	37833988	13645160	42367228	5571783	151052
PA	COSANPA	2011	399350	5775	27	194017291	93043597	31054290	13723313	38472628	17723463	152377
PA	COSANPA	2010	405161	5988	12	195743186	95687469	35346330	11107057	35444166	18158165	152863
PA	COSANPA	2009	404663	5634	15	184774013	84859797	37041675	11140400	32439851	19292291	153861
PA	COSANPA	2008	399328	5634	10	168931031	72612690	38824098	8097437	30049653	19347154	153773
PA	COSANPA	2007	392635	5612	11	152150413	63076982	28778063	9113879	30923764	20257725	153581
PA	COSANPA	2006	397301	5657	6	139925931	56430921	25349657	7622774	30460933	20061647	153562
PA	COSANPA	2005	389458	4502	12	131751442	52594732	17179049	7345607	28506498	26125555	152324
PA	COSANPA	2004	372399	4499	0	120638669	52398650	19693229	7601379	28526182	12419228	149483
PB	CAGEPA	2015	1075613	6116	89	549875451	301142858	79093603	16016578	66897960	86724451	195856
PB	CAGEPA	2014	1065190	5895	98	490217407	283289751	60028897	9975076	45641543	91282140	224126
PB	CAGEPA	2013	982079	5717	98	443155977	257499395	64920760	8607769	40562402	71565651	234071
PB	CAGEPA	2012	957685	5529	98	387690839	225197709	46916620	7959903	53719491	53897115	245797
PB	CAGEPA	2011	918333	5426	97	374778419	208609326	45510271	9135883	58004629	53518310	216676
PB	CAGEPA	2010	883421	5410	99	380562439	194357908	51765519	7634237	53186772	73618003	201151
PB	CAGEPA	2009	849671	5409	98	295916061	143102687	43640251	8032536	49503753	51636834	183672
PB	CAGEPA	2008	820482	5409	97	279346711	123092259	54243268	10477614	46416934	45116637	198114
PB	CAGEPA	2007	795321	5666	97	249388063	113749128	36972075	8403670	48110961	42152231	206988
PB	CAGEPA	2006	771224	5365	98	231192648	104518007	34245533	8389439	47218888	36820781	195767
PB	CAGEPA	2005	760390	5406	98	211034714	88728540	37720110	10050606	38088374	36434154	191146
PB	CAGEPA	2004	743720	5301	100	190036594	74792539	34374184	9184493	33507383	38162059	173763
PE	COMPESA	2015	2229191	23070	99	1116440008	302627234	363498433	40035478	154089423	256166720	579337
PE	COMPESA	2014	2161597	22242	99	997070612	286551578	279744070	45768129	115996432	269003226	590550
PE	COMPESA	2013	2051723	20385	99	891092842	260207084	281717295	35343773	99015166	214809524	590150
PE	COMPESA	2012	1983553	19747	98	856449456	249676711	226582129	34909262	149775620	195505734	622101
PE	COMPESA	2011	1913575	18092	99	727429111	213668911	182054847	35455727	139362388	156887238	680614
PE	COMPESA	2010	1851799	16775	100	653883768	182871287	161201673	27035513	139385086	143390209	625634

PE	COMPESA	2009	1808029	16716	100	599592589	170488046	134089036	27575247	135786979	131653281	584153
PE	COMPESA	2008	1725095	15874	100	536662406	145508057	118961780	22758840	125214106	124219624	566772
PE	COMPESA	2007	1606518	14926	100	462425425	117846614	115950337	20176388	132420954	76031132	532982
PE	COMPESA	2006	1538059	14527	100	441262255	109684519	117131118	20087891	117488222	76870506	531108
PE	COMPESA	2005	1487240	13318	100	378684690	105412343	92735599	19187436	89386317	71962995	529656
PE	COMPESA	2004	1468881	12830	74	299661000	93706000	69014000	16490000	72949000	47502000	500271
PI	AGESPISA	2015	712679	6160	100	317177717	153146503	70864575	14389533	53910640	24866466	183285
PI	AGESPISA	2014	682393	5808	100	364220429	199399260	86158112	12515823	39923236	26223998	201337
PI	AGESPISA	2013	656100	5649	100	334454872	180252880	78442990	9828223	34864860	31065919	191343
PI	AGESPISA	2012	635106	5582	100	298255784	161784994	66520378	8465110	42948882	18536421	193738
PI	AGESPISA	2011	601197	5488	100	258354727	145103226	52501100	7932536	36731308	16086557	195922
PI	AGESPISA	2010	576842	5247	100	325113235	132338131	50066555	7525392	35472908	99710250	163528
PI	AGESPISA	2009	546407	5118	100	260746054	117942133	37405612	8391421	33997895	63008994	186563
PI	AGESPISA	2008	522286	4957	100	197289356	112893074	27060760	7391617	34594485	15349420	179214
PI	AGESPISA	2007	504599	4864	100	186920265	103244899	26319915	6712533	34856258	15786660	184429
PI	AGESPISA	2006	485028	4783	100	176151377	98592883	27101760	4457537	32424383	13574814	160445
PI	AGESPISA	2005	474655	4668	100	157388345	76924995	17119476	4364284	27811403	31168187	157756
PI	AGESPISA	2004	456916	4554	100	123794991	74456928	13334337	4391880	25587461	6024385	161924
PR	SANEPAR	2015	4838891	80499	100	2162666348	939478060	445887545	68116666	390862172	318321905	721720
PR	SANEPAR	2014	4668819	75941	99	1813574991	821662078	440437660	61456908	206114632	283903712	730379
PR	SANEPAR	2013	4483573	72959	99	1558397621	728429336	345810889	56846816	167540284	259770295	716919
PR	SANEPAR	2012	4286988	70813	99	940260657	294010212	181199632	47769904	187283270	229997639	712754
PR	SANEPAR	2011	4091480	68226	99	1108572206	502824572	202637558	39421728	172701077	190987271	681769
PR	SANEPAR	2010	3919908	65887	99	989959841	447010098	192068031	36497977	149530787	164852949	650111
PR	SANEPAR	2009	3753576	63107	98	895953252	409587973	163243505	39501307	132414061	151206406	626425
PR	SANEPAR	2008	3595196	61507	97	835320327	380185517	138349437	33941309	126012089	156831975	611974
PR	SANEPAR	2007	3423854	59690	96	767786479	339580345	126751357	28097844	126379502	146977431	605641
PR	SANEPAR	2006	3260437	57193	95	745213567	299774552	154593505	31382066	122320341	137143103	608793
PR	SANEPAR	2005	3113818	55366	94	648729530	241936015	139508795	24435092	114577451	128272178	609500
PR	SANEPAR	2004	2988320	54087	97	589845435	226712828	128173252	22645331	99104053	113209971	586944
RJ	CEDAE	2015	3396187	30811	64	1777688507	939554613	368859909	66240481	348338132	54395338	1915622

RJ	CEDAE	2014	3264264	30654	63	1544496348	842219916	345946644	54379366	201041476	100590677	1856211
RJ	CEDAE	2013	3269576	30574	63	1785548938	812735905	309841822	51571786	194925865	416198315	1842518
RJ	CEDAE	2012	3182817	30218	64	1707824176	753709506	295408277	42258774	202966713	413261481	1774967
RJ	CEDAE	2011	3351065	29408	63	1542604993	841800444	327861870	35135293	190397107	147160607	1729939
RJ	CEDAE	2010	3277898	28989	64	1669342446	787522345	346803175	32333539	183404096	319054284	1716359
RJ	CEDAE	2009	2186983	24991	96	1541540224	737382812	274662459	38671249	183569035	307022463	1804423
RJ	CEDAE	2008	2293069	24984	83	1510494114	727283746	267209933	38353955	182474663	294941777	1811592
RJ	CEDAE	2007	2025036	24842	84	1808103657	714454224	218793419	32743874	187191231	654331972	1830644
RJ	CEDAE	2006	2072017	24660	81	1617504396	620356138	336238677	37750324	217047248	405665362	1826107
RJ	CEDAE	2005	2079314	20769	84	1358692217	572953985	524938000	34430000	219848000	6155025	1787910
RJ	CEDAE	2004	2103615	20702	84	1235334258	538667663	189789217	24942220	140134165	341463741	1776180
RN	CAERN	2015	858373	7699	84	428850736	178640944	58606254	7100522	85972712	97773405	218146
RN	CAERN	2014	838120	7346	84	378458201	154478106	63449866	7320759	62046094	89200930	234015
RN	CAERN	2013	804193	7257	84	323337780	134499267	52466506	5288827	55062839	74481123	237431
RN	CAERN	2012	774095	7175	84	301711078	121498517	42483603	3622459	63432511	68959740	235463
RN	CAERN	2011	738411	7149	80	279716897	114565871	42892673	3512199	63654784	53473046	239115
RN	CAERN	2010	712579	7054	69	257020783	103394039	41535516	3393463	55576211	51626562	230620
RN	CAERN	2009	683843	7048	69	219737464	95493284	28341563	3379413	46144069	44976155	213254
RN	CAERN	2008	663580	6906	100	210227829	87411304	25322252	3228923	44247858	48974387	215329
RN	CAERN	2007	644235	6674	67	189545058	74097557	21046469	3928232	49397477	39651855	204033
RN	CAERN	2006	613846	6444	66	178237096	69368745	23704308	3871498	41998164	38812840	205156
RN	CAERN	2005	586916	5931	65	158079962	65427092	19403489	2692173	40765436	29005417	202169
RN	CAERN	2004	567598	5749	64	138924719	57897941	15318024	4432197	36264012	24518910	190953
RO	CAERD	2015	156597	3911	0	165728711	106728361	12174703	3419844	14188524	29217278	69547
RO	CAERD	2014	147923	3758	0	132118963	84775365	11554243	3648299	11542669	20598388	71147
RO	CAERD	2013	141259	3335	0	118484166	66832315	15638962	2339045	11171494	22502349	69518
RO	CAERD	2012	136086	3222	0	111311103	56033353	21801808	2265118	13366306	17844519	68813
RO	CAERD	2011	127398	3044	0	109070350	53887555	23298119	2727906	12117455	17039315	69593
RO	CAERD	2010	114052	2919	0	100421532	50057704	17791472	2199559	11656816	18715981	67834
RO	CAERD	2009	106077	2672	0	97643860	48159127	14497725	4443508	14646172	15897328	65411
RO	CAERD	2008	101138	2657	0	80123541	40810038	11404816	2488597	12795215	12624875	65734

RO	CAERD	2007	98609	2628	0	74399081	34895238	14057225	2045301	11090713	12310604	64173
RO	CAERD	2006	95021	2530	0	74918502	32815609	10080424	1759292	10331754	19931422	63951
RO	CAERD	2005	85539	2530	0	59991289	35668571	8734042	2886392	8402680	4299604	61982
RO	CAERD	2004	80827	2438	0	48851933	27415584	5089276	672867	8136260	7537946	61982
RR	CAER	2015	155350	2630	99	69080341	40279699	6843492	2519167	6041183	13396800	60447
RR	CAER	2014	134976	2605	100	63063489	36367191	7039195	2711374	4123928	12821800	56179
RR	CAER	2013	131211	2447	100	53726302	30242075	7615206	1867172	3828829	10173020	52838
RR	CAER	2012	128528	2278	100	47750857	26973487	3671012	3451224	4339883	9315251	51119
RR	CAER	2011	113189	2038	100	42037985	24850681	2934238	2805016	4100139	7347912	44576
RR	CAER	2010	100378	1879	100	34025103	18450207	2272482	2615551	4100385	6586478	46304
RR	CAER	2009	97734	1840	100	35773390	17980641	3101641	1645664	5060692	7984752	38634
RR	CAER	2008	95480	1728	100	32749996	17948432	2154178	1867625	4024591	6755171	34533
RR	CAER	2007	92219	1706	100	30163819	15070682	1571364	1331618	4015613	8174542	36048
RR	CAER	2006	89242	1692	100	23459008	12324793	1241950	1025920	3396099	5470246	36336
RR	CAER	2005	88051	1671	100	20598817	10969630	1231996	1015101	3231484	4150606	37315
RR	CAER	2004	85767	1544	100	21203512	11473727	2058996	814508	2793627	4062655	35751
RS	CORSAN	2015	2018783	30179	100	1681247710	838452660	57383256	30013999	213142040	540431999	520413
RS	CORSAN	2014	1982297	30178	86	1626167719	768556774	69957800	28922949	131823976	625144203	521657
RS	CORSAN	2013	1928985	28589	62	1562719970	689423797	80841449	25901131	105010194	659556541	520074
RS	CORSAN	2012	1882175	25897	71	1530053919	640893094	64748963	32727187	138622584	651449893	501373
RS	CORSAN	2011	1849035	26096	89	1280297902	546003205	44533647	23534586	130077990	534572728	507027
RS	CORSAN	2010	1829208	26784	88	1364111684	511090428	58111748	26592805	121965690	645034578	521942
RS	CORSAN	2009	1772941	26624	88	913173055	412598833	43517577	28580955	118952371	308007351	524330
RS	CORSAN	2008	1737849	26017	87	776684561	362054816	38902569	28374895	112960506	234458700	530830
RS	CORSAN	2007	1701502	25788	87	755018539	320512570	60917869	25154879	105149323	232340031	514734
RS	CORSAN	2006	1667820	25258	83	752527027	315253861	62243271	26947609	110510812	234841252	510496
RS	CORSAN	2005	1633280	24534	84	669662083	279516174	57597514	18214444	92976495	219374154	508407
RS	CORSAN	2004	1603565	23831	86	622759714	278933742	51069917	15377406	82155028	194366574	532679
SC	CASAN	2015	841199	14388	100	690163427	285974925	101635600	20723495	85940904	193015033	246734
SC	CASAN	2014	821676	14385	99	639048592	268783091	98122253	17378667	56292054	195629487	251928
SC	CASAN	2013	793135	14070	99	547614387	259597120	74391199	13756062	46310738	151745359	240730

SC	CASAN	2012	765710	13761	99	517607481	243294390	64887832	11204922	50475784	145843812	228249
SC	CASAN	2011	755504	13181	99	517859753	213006295	60208604	7946055	45573669	189242159	208125
SC	CASAN	2010	718250	12952	99	440606653	201125682	52647018	5382290	41608861	138132559	197017
SC	CASAN	2009	712940	13049	99	386207657	188793709	62532875	6529935	38047322	89377256	194769
SC	CASAN	2008	697778	12999	99	367089673	148878364	104212559	6427947	37460868	66258551	191846
SC	CASAN	2007	675217	12338	99	302138095	142329324	55353042	6400398	36949363	61104981	202828
SC	CASAN	2006	702095	12666	99	298411695	144208567	49845859	6596816	39296920	58349686	208728
SC	CASAN	2005	693715	12376	97	295598852	145478415	42920304	7500088	47213584	50373631	228687
SC	CASAN	2004	767658	13608	98	278614614	129448295	38424110	8082389	45876090	54055716	266447
SE	DESO	2015	646718	7801	100	372749487	173566559	74783359	18181683	63813051	42276363	163760
SE	DESO	2014	624895	7541	100	347937613	161525070	74932875	16842609	43148721	51445515	196081
SE	DESO	2013	596042	7525	100	318721057	150139416	69061474	12087950	39049608	48054287	187913
SE	DESO	2012	565089	7462	99	299506084	133620940	51917958	14180715	43682667	54790141	185237
SE	DESO	2011	531680	7284	100	269038342	115970049	51202979	12845574	38520960	50062461	179276
SE	DESO	2010	506508	7050	100	268927218	110243978	50843235	11018837	35419048	61402121	165697
SE	DESO	2009	485025	6613	100	222116971	103686568	39849889	11365998	35239702	31974814	157788
SE	DESO	2008	467080	6464	100	185765361	89736261	25501028	8461759	33564348	28501965	138119
SE	DESO	2007	446665	6223	100	164033031	80774882	21042950	7389315	31128132	23697751	124870
SE	DESO	2006	427535	6041	100	157530857	71161997	28454901	6971741	29305595	21636623	121146
SE	DESO	2005	401673	5240	100	145795093	64510813	25489335	6058084	24441687	25295174	115059
SE	DESO	2004	383772	5039	100	129735717	55970122	25382317	5559172	18690795	24133311	114563
SP	SABESP	2015	13800628	120479	80	5045641313	2193659583	1093230234	269294374	817530096	670865989	2466548
SP	SABESP	2014	13481235	118792	77	5907145237	2123294776	1250342573	261205613	599065180	1671531399	2827286
SP	SABESP	2013	12907137	116722	75	5482248349	1927168014	1110553015	240729543	552881425	1650916352	3047454
SP	SABESP	2012	12544953	113425	75	5172998241	1738862084	1075544314	177453189	589986236	1591152419	3030847
SP	SABESP	2011	12166555	111668	72	5015334030	1804137052	985547926	154748294	584078315	1486822443	2988679
SP	SABESP	2010	11796990	109666	75	4248146198	1400984524	942237473	136532594	531376752	1235724383	2948771
SP	SABESP	2009	11439257	106627	74	4186069097	1558646015	881916556	136721619	485456449	1114120539	2840928
SP	SABESP	2008	11130435	103824	72	3662279520	1353758373	672930073	133154281	459589765	1039092639	2848901
SP	SABESP	2007	10837090	102926	65	3425918384	1265670311	526423765	112339588	474478310	1043276731	2869827
SP	SABESP	2006	10525763	100595	63	3125947010	1258399843	473447841	104465840	448861447	837372625	2883120

SP	SABESP	2005	10308855	95180	61	2815480775	1110290635	460733206	98822845	423509275	718861219	2826309
SP	SABESP	2004	10088797	93757	63	2474388106	1054929716	406213105	91450020	398646151	520338225	2767474

ANEXO 1 – CONJUNTO DE DMUa E INFORMAÇÕES

FONTE: Adaptado de SNIS (2017)



UF	PREST.	REF.	LIG.	REDE	%TRAT.	OPEX_A	PESSOAL	TERCEIR.	QUIM.	ENERGIA	OUTROS	AGUA_PROD.
AL	CASAL	2015	437486	5581	96	189511892	88707271	38035773	1649166	31110209	30009473	160370
AL	CASAL	2014	440485	5520	93	162593245	74449340	55318183	1638109	23940022	7247591	152163
AL	CASAL	2013	428939	5308	96	135970514	59062467	44698290	1058625	23962471	7188661	150338
AL	CASAL	2012	419168	5144	100	123762396	57391215	21713408	1083842	27750111	15823820	151485
AL	CASAL	2011	391242	5044	99	103173749	52044134	14461088	1649026	25148647	9870854	145074
AL	CASAL	2010	371773	4347	100	115811862	42468886	32402100	1964687	24416186	14560004	142826
AL	CASAL	2009	356964	4269	100	129053083	58289717	28028246	2030945	27811959	12892215	123057
AL	CASAL	2008	356127	4106	96	104026435	40916205	23285846	2284300	26907155	10632929	119200
AL	CASAL	2007	351275	3783	94	132604120	60161241	27781462	2303790	28862190	13495436	117597
AL	CASAL	2006	335439	3663	99	111772729	39948526	33043026	2018234	25203007	11559936	116121
AL	CASAL	2005	327208	3503	100	103160389	39716843	7390418	1312173	27981883	26759073	113224
AL	CASAL	2004	321746	3503	100	118656984	41749667	40622175	1990517	24042077	10252547	113183
AP	CAESA	2015	68007	1183	86	32853718	17763391	5024732	4287817	3554885	2222893	61293
AP	CAESA	2014	67269	1183	87	32629437	17641595	5738901	3407538	3506038	2335365	59624
AP	CAESA	2013	67669	1151	93	37926305	16749698	6780933	5010788	96286	9288600	79468
AP	CAESA	2012	66262	1075	94	29376446	15872907	5701624	2474614	483158	4844142	70922
AP	CAESA	2011	66027	1075	93	38719793	16930680	3073241	2593343	1743759	14378770	70338
AP	CAESA	2010	65998	1075	0	30932214	17123373	3431321	2859699	2641753	4876068	68847
AP	CAESA	2009	62918	1067	0	31821790	15952157	3076424	2815422	2998995	6978793	58545
AP	CAESA	2008	63485	1052	100	25822756	15487909	2655501	2002102	3224601	2452643	67183
AP	CAESA	2007	65421	1043	96	24712266	13350793	2557478	2354502	3800598	2648895	65781
AP	CAESA	2006	65211	912	96	26872727	13331601	7092680	2545655	3578902	323888	61785
AP	CAESA	2005	62016	900	93	20885869	11925184	1567130	2419517	3057507	1916530	62159
AP	CAESA	2004	60927	895	93	22928296	12210423	4939969	2059618	3241530	476756	60746
BA	EMBASA	2015	3911126	46281	99	1048623621	335452360	342945022	39131691	123011975	206534088	711147
BA	EMBASA	2014	3772218	44883	99	1013883973	336537989	316963070	40274532	100745456	216880835	716932
BA	EMBASA	2013	3565631	42484	98	1021453318	345729748	297618373	29549380	93939907	249292284	717990
BA	EMBASA	2012	3387228	37784	99	990306358	310706961	266934992	27650995	108312370	272536772	677727
BA	EMBASA	2011	3226372	37061	99	856013905	271514304	253301322	28852184	106232914	194514168	659988
BA	EMBASA	2010	3074652	35797	99	763720440	231185848	239626126	29121151	101412970	157581791	657530
BA	EMBASA	2009	2909510	34612	99	703058661	208858096	222499066	32095255	98088553	135425090	654748
BA	EMBASA	2008	2709189	33165	99	641229107	179997877	185243542	28452321	103385577	139171564	638785
BA	EMBASA	2007	2635473	32709	99	600348370	169870297	160643932	25268243	112299567	128175939	629800
BA	EMBASA	2006	2490238	31402	99	577783301	160257266	163745516	24286094	107356909	117258567	612013
BA	EMBASA	2005	2307967	29884	97	535795560	137667491	163554923	24191631	85463243	124187971	599494

BA	EMBASA	2004	2156965	28474	99	499442417	123133307	166745069	25158221	75924567	107826402	577365
CE	CAGECE	2015	2157606	18287	100	480392584	142698568	125649666	24440361	62757065	95422750	371815
CE	CAGECE	2014	2078484	17000	100	434474383	157057940	107069776	27542933	43294073	74637958	387128
CE	CAGECE	2013	1992994	16589	100	397485383	110667386	110180578	24407748	38808592	91279534	368576
CE	CAGECE	2012	1917262	16107	100	356143982	102418471	102164619	23142403	46946626	59585460	378155
CE	CAGECE	2011	1844364	15397	100	268282401	99766181	95021583	25600436	48182800	-20029325	379844
CE	CAGECE	2010	1766342	14436	100	346404868	98573426	84235518	19199952	49515358	74954612	316640
CE	CAGECE	2009	1681250	13894	100	359438917	100904458	117646479	25161055	45899811	51382748	326247
CE	CAGECE	2008	1610261	13666	100	328708007	89577503	110136573	20624160	44906068	46543233	301758
CE	CAGECE	2007	1513187	12833	100	298009534	83578514	106486485	20290583	45965970	26026197	313102
CE	CAGECE	2006	1432848	13269	100	245378303	68286509	87110357	16391559	47591668	10945238	306992
CE	CAGECE	2005	1375792	12679	100	263553865	69783446	85263263	15457182	46640292	32586856	322333
CE	CAGECE	2004	1307949	12016	100	246961597	65553605	70416446	12573562	41272945	43689910	297073
DF	CAESB	2015	1148373	14287	100	773816365	410928624	111381154	13977034	61383521	176146031	247120
DF	CAESB	2014	1109205	15222	100	780472919	438941051	108165583	14421573	37892702	181052010	251115
DF	CAESB	2013	1110060	14509	100	731633350	400923020	102862962	11298000	35987402	180561965	255958
DF	CAESB	2012	1080861	14074	100	732981605	371438533	109412912	12045663	40926765	199157732	236273
DF	CAESB	2011	1051497	13530	100	637423172	308682143	114469459	13710560	39839066	160721944	234902
DF	CAESB	2010	1009998	13279	100	556236518	269678417	111263944	10839654	41065049	123389454	230714
DF	CAESB	2009	953139	12763	100	510275202	225093560	108482569	12132337	37002208	127564530	224519
DF	CAESB	2008	880898	12442	100	478733423	232917569	92904990	13965318	37783837	101161709	224806
DF	CAESB	2007	821643	11862	100	488120101	212497190	106504520	13731959	38281948	117104484	220490
ES	CESAN	2015	770127	11084	94	304993804	106296708	83663539	3974726	51739351	59319480	237708
ES	CESAN	2014	741936	10534	93	300678269	105780407	93585467	4377033	33689858	63245503	252333
ES	CESAN	2013	715595	9441	99	259324745	102038366	79356606	4865876	29463820	43600075	244154
ES	CESAN	2012	686404	9337	98	248279605	91073537	78692938	5710142	34143693	38659295	246669
ES	CESAN	2011	662661	8581	98	229347468	84413205	80663756	5701637	28747213	29821658	245796
ES	CESAN	2010	650645	8322	99	220757552	79934984	71364018	5659046	33546249	30253254	251611
ES	CESAN	2009	630499	8124	124	221277196	80289124	72777096	7269184	32319757	28622035	241184
ES	CESAN	2008	608599	7910	96	202492024	72790552	63810951	5781779	32009333	28099409	240161
ES	CESAN	2007	558441	7630	93	205763536	74102693	61764249	4524259	34720324	30652011	246121

ES	CESAN	2006	546555	7465	99	197378247	71638871	58971420	5385446	32362190	29020320	242501
ES	CESAN	2005	538416	7246	115	178447302	61981803	56980080	5916318	27653398	25915702	231478
ES	CESAN	2004	518060	6820	109	171775911	61704750	54404412	4856930	26643250	24166569	234536
GO	SANEAGO	2015	2865453	34751	88	814763727	393690664	88995482	12336476	120642290	191120439	381627
GO	SANEAGO	2014	2718354	34037	90	753311402	366167205	93789178	10556938	76882557	198854833	383801
GO	SANEAGO	2013	2541683	33280	88	656470871	301045686	70169912	8902841	69220040	200058966	371655
GO	SANEAGO	2012	2380143	31992	87	606068607	283273174	62735020	9207145	69635262	175614736	363969
GO	SANEAGO	2011	2228393	29276	87	613488698	252452252	57931073	9848500	61154124	226711666	352910
GO	SANEAGO	2010	2075245	28179	87	490676594	224928338	96300255	6251834	61408680	96956233	342226
GO	SANEAGO	2009	1948079	27280	85	479289634	210752738	89579620	8167003	61246725	106998873	322328
GO	SANEAGO	2008	1836661	26590	79	453692189	193895616	84743829	7351341	66756740	97457095	316868
GO	SANEAGO	2007	1755019	25761	79	436688366	180472616	78716155	6770520	71595125	95612928	321840
GO	SANEAGO	2006	1615710	24483	76	420995055	175873471	77987497	7436631	72983712	83369163	309270
GO	SANEAGO	2005	1540705	23698	78	376158481	144217951	74224384	7567791	66600173	80782465	298118
GO	SANEAGO	2004	1481860	22675	52	334357206	133878723	66654635	7104256	53010185	71161085	279025
MA	CAEMA	2015	682986	6814	37	257287625	146038923	33561297	8187071	57601957	11898378	311204
MA	CAEMA	2014	646295	6918	33	244025332	136938113	45534192	8565995	38176354	14810679	295184
MA	CAEMA	2013	704283	11469	22	114938723	58700329	6277739	8108144	39517822	2334689	339828
MA	CAEMA	2012	660544	11177	30	118073562	56294104	4966472	5802952	49232743	1777291	335868
MA	CAEMA	2011	646338	7753	23	113840843	54510174	4662340	7359774	44565244	2743311	305195
MA	CAEMA	2010	629569	7668	23	232395897	63657526	17298925	6863832	50359490	94216123	285242
MA	CAEMA	2009	581492	7322	19	155645951	72759325	25868442	6005783	48587117	2425284	223148
MA	CAEMA	2008	558159	7021	20	120369909	49699919	16540065	6354457	44962618	2812851	274998
MA	CAEMA	2007	574524	6939	20	126867983	51519657	23659018	4619660	44937630	2132019	286815
MA	CAEMA	2006	542875	6927	19	174782178	50381025	31649882	4355476	44104649	44291144	244236
MA	CAEMA	2005	579212	7088	13	154189857	48349773	25361508	4039816	36032015	40406745	218846
MA	CAEMA	2004	549738	6933	13	184765539	50592102	14641525	3332783	29664915	86534214	237266
MG	COPASA	2015	6637865	70564	73	1524024935	778947642	187313223	28038091	229077923	300648056	897788
MG	COPASA	2014	6491707	69044	71	1445306502	675262502	219968759	30028955	165991658	354054628	956333
MG	COPASA	2013	6240948	66107	67	1441170578	655927852	237906063	26631915	149044786	371659962	962018
MG	COPASA	2012	5966401	62516	63	1339313558	587945312	186441184	24393403	169570756	370962903	938867

MG	COPASA	2011	5729134	60419	58	1290271140	603630317	184134652	24117347	163024880	315363943	905930
MG	COPASA	2010	5457546	58927	53	1265290191	584843495	182668422	25860449	165643877	306273948	887213
MG	COPASA	2009	5225922	57078	44	1161035826	549095302	158390693	32040355	171659149	249850328	858745
MG	COPASA	2008	4926813	55606	50	1114212149	487938775	158272911	28026765	179195881	260777817	852411
MG	COPASA	2007	4693399	53337	41	1146827407	479315353	145821249	25438719	193953030	302299057	857820
MG	COPASA	2006	4429073	50969	32	1157851061	472816319	160389599	22058387	175491133	327095624	834561
MG	COPASA	2005	4257648	49158	29	952942850	435556993	128374802	21487725	156503639	211019691	805343
MG	COPASA	2004	4110015	47834	29	892518176	414389570	110611994	20436505	140390467	206578519	799834
MS	SANESUL	2015	599310	10197	100	175874987	72324978	44995945	3079358	26417744	29056961	108209
MS	SANESUL	2014	573413	9561	100	164308147	65397841	49264898	3222580	18356165	28066663	109354
MS	SANESUL	2013	532688	7649	100	144635677	60781354	39297103	2427814	15600848	26528558	106059
MS	SANESUL	2012	494453	7304	97	135145128	57585012	33259021	1936608	17588442	24776045	104881
MS	SANESUL	2011	469414	7138	99	124037225	51629672	33259669	2306921	16063473	20777490	99766
MS	SANESUL	2010	435307	6880	98	116408058	26408713	22149536	2310944	14247014	51291851	97621
MS	SANESUL	2008	386642	6525	98	102755021	42089825	25702678	1913187	15455141	17594190	94480
MS	SANESUL	2007	366865	7355	97	94438299	38111812	19652915	2078435	18393152	16201985	93244
MS	SANESUL	2006	353823	6172	95	96582744	35695121	22942203	1991179	17667004	18287237	89159
MS	SANESUL	2005	340755	5995	53	90974548	34152711	23037184	1455199	15866213	16463242	88217
MS	SANESUL	2004	321106	5812	56	84865119	32030678	23903936	1235787	14100192	13594526	84210
PA	COSANPA	2015	424996	5513	25	166164390	84390220	27018066	9111385	43488083	2156636	158260
PA	COSANPA	2014	419097	5512	39	158851771	80893503	27672821	9539598	31026094	9719755	154771
PA	COSANPA	2013	402412	5005	29	147857114	79405647	28563182	9237037	26329118	4322129	151602
PA	COSANPA	2012	397588	4961	38	147910636	77774369	26690644	9626215	29888697	3930711	151052
PA	COSANPA	2011	399350	5775	27	142754243	68459714	22849158	10097353	28307430	13040588	152377
PA	COSANPA	2010	405161	5988	12	151258161	73941325	27313446	8582843	27389047	14031500	152863
PA	COSANPA	2009	404663	5634	15	149614586	68712386	29993259	9020567	26267086	15621288	153861
PA	COSANPA	2008	399328	5634	10	141732554	60921797	32573285	6793722	25211555	16232195	153773
PA	COSANPA	2007	392635	5612	11	134301715	55677449	25402121	8044734	27296111	17881300	153581
PA	COSANPA	2006	397301	5657	6	128572940	51852358	23292894	7004295	27989464	18433930	153562
PA	COSANPA	2005	389458	4502	12	124658380	49763205	16254186	6950144	26971803	24719042	152324
PA	COSANPA	2004	372399	4499	0	120638669	52398650	19693229	7601379	28526182	12419228	149483

PB	CAGEPA	2015	1075613	6116	89	333783811	182798870	48011171	9722337	40608207	52643227	195856
PB	CAGEPA	2014	1065190	5895	98	318178365	183870806	38962093	6474379	29623900	59247186	224126
PB	CAGEPA	2013	982079	5717	98	300119177	174386696	43966382	5829452	27470135	48466511	234071
PB	CAGEPA	2012	957685	5529	98	273503238	158869636	33098145	5615452	37897348	38022656	245797
PB	CAGEPA	2011	918333	5426	97	275754852	153490785	33485594	6722009	42678705	39377757	216676
PB	CAGEPA	2010	883421	5410	99	294074986	150187705	40001174	5899263	41099430	56887414	201151
PB	CAGEPA	2009	849671	5409	98	239608146	115872621	35336236	6504078	40084010	41811202	183672
PB	CAGEPA	2008	820482	5409	97	234370929	103273982	45509915	8790682	38943648	37852703	198114
PB	CAGEPA	2007	795321	5666	97	220132459	100405268	32634897	7417839	42467085	37207371	206988
PB	CAGEPA	2006	771224	5365	98	212434667	96037864	31466997	7708756	43387750	33833301	195767
PB	CAGEPA	2005	760390	5406	98	199673303	83951689	35689384	9509515	36037822	34472660	191146
PB	CAGEPA	2004	743720	5301	100	190036594	74792539	34374184	9184493	33507383	38162059	173763
PE	COMPESA	2015	2229191	23070	99	677698196	183699911	220649771	24302220	93534918	155497584	579337
PE	COMPESA	2014	2161597	22242	99	647154288	185987913	181569462	29706062	75288137	174598057	590550
PE	COMPESA	2013	2051723	20385	99	603476122	176220428	190787820	23935915	67056187	145475772	590150
PE	COMPESA	2012	1983553	19747	98	604197147	176138773	159846299	24627345	105661813	137922917	622101
PE	COMPESA	2011	1913575	18092	99	535228542	157213532	133952503	26087652	102540202	115434654	680614
PE	COMPESA	2010	1851799	16775	100	505280711	141311558	124566628	20891363	107708126	110803036	625634
PE	COMPESA	2009	1808029	16716	100	485500072	138047001	108574118	22328135	109948971	106601847	584153
PE	COMPESA	2008	1725095	15874	100	450257913	122080759	99808524	19094589	105054204	104219837	566772
PE	COMPESA	2007	1606518	14926	100	408178502	104022080	102348254	17809505	116886710	67111953	532982
PE	COMPESA	2006	1538059	14527	100	405460126	100785187	107627601	18458045	107955731	70633562	531108
PE	COMPESA	2005	1487240	13318	100	358297559	99737291	87743021	18154448	84574053	68088746	529656
PE	COMPESA	2004	1468881	12830	74	299661000	93706000	69014000	16490000	72949000	47502000	500271
PI	AGESPISA	2015	712679	6160	100	192532304	92962549	43016010	8734693	32724681	15094370	183285
PI	AGESPISA	2014	682393	5808	100	236399318	129421211	55921407	8123465	25912401	17020833	201337
PI	AGESPISA	2013	656100	5649	100	226503367	122072925	53124062	6655982	23611581	21038818	191343
PI	AGESPISA	2012	635106	5582	100	210409725	114134034	46927956	5971859	30299035	13076840	193738
PI	AGESPISA	2011	601197	5488	100	190092508	106764202	38629314	5836609	27026200	11836183	195922
PI	AGESPISA	2010	576842	5247	100	251227290	102262677	38688320	5815155	27411257	77049880	163528
PI	AGESPISA	2009	546407	5118	100	211130408	95499703	30287945	6794673	27528660	51019428	186563

PI	AGESPISA	2008	522286	4957	100	165525091	94716901	22703884	6201541	29024654	12878111	179214
PI	AGESPISA	2007	504599	4864	100	164992731	91133286	23232337	5925089	30767285	13934734	184429
PI	AGESPISA	2006	485028	4783	100	161859209	90593479	24902839	4095871	29793607	12473412	160445
PI	AGESPISA	2005	474655	4668	100	148915077	72783608	16197820	4129325	26314129	29490195	157756
PI	AGESPISA	2004	456916	4554	100	123794991	74456928	13334337	4391880	25587461	6024385	161924
PR	SANEPAR	2015	4838891	80499	100	1312775494	570279264	270661373	41347983	237260029	193226845	721720
PR	SANEPAR	2014	4668819	75941	99	1177111048	533304393	285868541	39888952	133779861	184269301	730379
PR	SANEPAR	2013	4483573	72959	99	1055395924	493315275	234194020	38498453	113463554	175924621	716919
PR	SANEPAR	2012	4286988	70813	99	663323215	207414612	127830428	33700109	132122236	162255830	712754
PR	SANEPAR	2011	4091480	68226	99	815666401	369968783	149096872	29005759	127070177	140524811	681769
PR	SANEPAR	2010	3919908	65887	99	764979400	345421604	148418229	28203367	115548093	127388107	650111
PR	SANEPAR	2009	3753576	63107	98	725468220	331650180	132180976	31984864	107217863	122434337	626425
PR	SANEPAR	2008	3595196	61507	97	700830881	318974341	116074702	28476642	105723709	131581488	611974
PR	SANEPAR	2007	3423854	59690	96	677717785	299744325	111882211	24801698	111553979	129735573	605641
PR	SANEPAR	2006	3260437	57193	95	684750130	275452129	142050450	28835859	112395793	126015899	608793
PR	SANEPAR	2005	3113818	55366	94	613804078	228910980	131998103	23119587	108408980	121366428	609500
PR	SANEPAR	2004	2988320	54087	97	589845435	226712828	128173252	22645331	99104053	113209971	586944
RJ	CEDAE	2015	3396187	30811	64	1079087354	570325733	223904279	40209106	211447209	33018901	1915622
RJ	CEDAE	2014	3264264	30654	63	1002464041	546647573	224538615	35295233	130487101	65288945	1856211
RJ	CEDAE	2013	3269576	30574	63	1209229946	550410338	209834635	34926037	132009931	281862600	1842518
RJ	CEDAE	2012	3182817	30218	64	1204814234	531717464	208400901	29812186	143186394	291542491	1774967
RJ	CEDAE	2011	3351065	29408	63	1135019493	619380799	241234545	25851882	140090580	108277983	1729939
RJ	CEDAE	2010	3277898	28989	64	1289964026	608548292	267987926	24985348	141723279	246545309	1716359
RJ	CEDAE	2009	2186983	24991	96	1248210708	597071103	222398752	31312752	148638894	248601184	1804423
RJ	CEDAE	2008	2293069	24984	83	1267299366	610188561	224188215	32178836	153095615	247455136	1811592
RJ	CEDAE	2007	2025036	24842	84	1595995813	630641914	193126859	28902704	165231910	577572577	1830644
RJ	CEDAE	2006	2072017	24660	81	1486267018	570023098	308957711	34687424	199436964	372751412	1826107
RJ	CEDAE	2005	2079314	20769	84	1285544722	542108038	496677075	32576403	208012111	5823659	1787910
RJ	CEDAE	2004	2103615	20702	84	1235334258	538667663	189789217	24942220	140134165	341463741	1776180
RN	CAERN	2015	858373	7699	84	260319738	108438111	35575000	4310138	52186908	59350130	218146
RN	CAERN	2014	838120	7346	84	245640424	100264884	41182492	4751580	40271366	57896365	234015



RN	CAERN	2013	804193	7257	84	218974523	91087137	35531970	3581760	37290288	50440961	237431
RN	CAERN	2012	774095	7175	84	212847321	85713239	29970796	2555526	44749567	48648846	235463
RN	CAERN	2011	738411	7149	80	205810387	84295395	31559615	2584209	46835983	39344453	239115
RN	CAERN	2010	712579	7054	69	198609677	79896483	32096064	2622257	42945839	39893796	230620
RN	CAERN	2009	683843	7048	69	177925072	77322497	22948634	2736367	37363619	36417939	213254
RN	CAERN	2008	663580	6906	100	176380425	73337784	21245283	2709055	37123801	41089343	215329
RN	CAERN	2007	644235	6674	67	167309610	65405205	18577517	3467413	43602680	35000313	204033
RN	CAERN	2006	613846	6444	66	163775701	63740462	21781042	3557381	38590613	35663732	205156
RN	CAERN	2005	586916	5931	65	149569460	61904714	18358869	2547236	38570760	27443861	202169
RN	CAERN	2004	567598	5749	64	138924719	57897941	15318024	4432197	36264012	24518910	190953
RO	CAERD	2015	156597	3911	0	100600164	64785942	7390253	2075904	8612677	17735388	69547
RO	CAERD	2014	147923	3758	0	85752556	55023928	7499347	2367949	7491834	13369499	71147
RO	CAERD	2013	141259	3335	0	80241207	45260947	10591197	1584075	7565688	15239299	69518
RO	CAERD	2012	136086	3222	0	78526352	39529702	15380464	1597967	9429493	12588726	68813
RO	CAERD	2011	127398	3044	0	80251895	39649441	17142314	2007141	8915794	12537205	69593
RO	CAERD	2010	114052	2919	0	77599515	38681481	13748143	1699682	9007662	14462546	67834
RO	CAERD	2009	106077	2672	0	79063854	38995245	11739048	3597982	11859248	12872330	65411
RO	CAERD	2008	101138	2657	0	67223375	34239482	9568601	2087924	10735141	10592226	65734
RO	CAERD	2007	98609	2628	0	65671357	30801693	12408179	1805367	9789666	10866453	64173
RO	CAERD	2006	95021	2530	0	68839935	30153091	9262542	1616551	9493480	18314272	63951
RO	CAERD	2005	85539	2530	0	56761556	33748293	8263830	2730998	7950307	4068128	61982
RO	CAERD	2004	80827	2438	0	48851933	27415584	5089276	672867	8136260	7537946	61982
RR	CAER	2015	155350	2630	99	41932950	24450467	4154117	1529177	3667102	8132087	60447
RR	CAER	2014	134976	2605	100	40931712	23604330	4568829	1759832	2676659	8322062	56179
RR	CAER	2013	131211	2447	100	36385143	20480885	5157257	1264507	2593004	6889489	52838
RR	CAER	2012	128528	2278	100	33686671	19028915	2589779	2434726	3061646	6571606	51119
RR	CAER	2011	113189	2038	100	30930752	18284660	2158957	2063878	3016804	5406454	44576
RR	CAER	2010	100378	1879	100	26292484	14257173	1756033	2021135	3168522	5089620	46304
RR	CAER	2009	97734	1840	100	28966308	14559223	2511450	1332521	4097726	6465386	38634
RR	CAER	2008	95480	1728	100	27477134	15058672	1807348	1566931	3376618	5667565	34533
RR	CAER	2007	92219	1706	100	26625315	13302747	1387028	1175406	3544543	7215590	36048

RR	CAER	2006	89242	1692	100	21555645	11324812	1141184	942681	3120554	5026413	36336
RR	CAER	2005	88051	1671	100	19489844	10379062	1165670	960451	3057511	3927151	37315
RR	CAER	2004	85767	1544	100	21203512	11473727	2058996	814508	2793627	4062655	35751
RS	CORSAN	2015	2018783	30179	100	1020546139	508955117	34832618	18219011	129380867	328051475	520413
RS	CORSAN	2014	1982297	30178	86	1055473304	498836097	45406504	18772603	85561093	405753361	521657
RS	CORSAN	2013	1928985	28589	62	1058323155	466899497	54748374	17541061	71116209	446672451	520074
RS	CORSAN	2012	1882175	25897	71	1079403117	452129167	45678281	23087963	97793710	459576644	501373
RS	CORSAN	2011	1849035	26096	89	942018911	401738802	32767013	17316302	95708918	393328473	507027
RS	CORSAN	2010	1829208	26784	88	1054100675	394938898	44905145	20549266	94247500	498442607	521942
RS	CORSAN	2009	1772941	26624	88	739411381	334088124	35236905	23142474	96317709	249398665	524330
RS	CORSAN	2008	1737849	26017	87	651635675	303762745	32639121	23806439	94773476	196710043	530830
RS	CORSAN	2007	1701502	25788	87	666447647	282913382	53771621	22203971	92814303	205084325	514734
RS	CORSAN	2006	1667820	25258	83	691470208	289675513	57193118	24761195	101544438	215787239	510496
RS	CORSAN	2005	1633280	24534	84	633609692	264467948	54496654	17233839	87970948	207563775	508407
RS	CORSAN	2004	1603565	23831	86	622759714	278933742	51069917	15377406	82155028	194366575	532679
SC	CASAN	2015	841199	14388	100	418941015	173591675	61694549	12579516	52167600	117163429	246734
SC	CASAN	2014	821676	14385	99	414778083	174455177	63686800	11279722	36536674	126974419	251928
SC	CASAN	2013	793135	14070	99	370861700	175807341	50380061	9316038	31363089	102766734	240730
SC	CASAN	2012	765710	13761	99	365155190	171636254	45776249	7904707	35609019	102888051	228249
SC	CASAN	2011	755504	13181	99	381031383	156725992	44300349	5846556	33532241	139240791	208125
SC	CASAN	2010	718250	12952	99	340473420	155417419	40682341	4159099	32152740	106740252	197017
SC	CASAN	2009	712940	13049	99	312718751	152869400	50633907	5287397	30807548	72370248	194769
SC	CASAN	2008	697778	12999	99	307986973	124908435	87433979	5393025	31429539	55590696	191846
SC	CASAN	2007	675217	12338	99	266694408	125632734	48859601	5649570	32614850	53936783	202828
SC	CASAN	2006	702095	12666	99	274199848	132508102	45801580	6061579	36108536	53615442	208728
SC	CASAN	2005	693715	12376	97	279684788	137646338	40609617	7096308	44671761	47661681	228687
SC	CASAN	2004	767658	13608	98	278614614	129448295	38424110	8082389	45876090	54055716	266447
SE	DESO	2015	646718	7801	100	226265319	105357873	45394779	11036593	38735614	25662476	163760
SE	DESO	2014	624895	7541	100	225830865	104838755	48635604	10931790	28005920	33391001	196081
SE	DESO	2013	596042	7525	100	215847932	101679139	46770604	8186340	26445624	32543876	187913
SE	DESO	2012	565089	7462	99	211291770	94265213	36626425	10004032	30816696	38652656	185237



SE	DESO	2011	531680	7284	100	197953309	85328563	37674180	9451530	28342991	36835009	179276
SE	DESO	2010	506508	7050	100	207810230	85189690	39288490	8514672	27369637	47447740	165697
SE	DESO	2009	485025	6613	100	179851798	83956736	32267116	9203238	28534171	25890537	157788
SE	DESO	2008	467080	6464	100	155856499	75288415	21395275	7099386	28160372	23913051	138119
SE	DESO	2007	446665	6223	100	144790388	71299216	18574411	6522478	27476505	20917779	124870
SE	DESO	2006	427535	6041	100	144749478	65388217	26146192	6406083	26927865	19881120	121146
SE	DESO	2005	401673	5240	100	137945968	61037765	24117074	5731937	23125827	23933366	115059
SE	DESO	2004	383772	5039	100	129735717	55970122	25382317	5559172	18690795	24133311	114563
SP	SABESP	2015	13800628	120479	80	3062790648	1331588918	663609466	163466295	496254762	407227139	2466548
SP	SABESP	2014	13481235	118792	77	3834065838	1378136416	811541879	169536972	388826625	1084916855	2827286
SP	SABESP	2013	12907137	116722	75	3712751151	1305138842	752101459	163029624	374428704	1118052521	3047454
SP	SABESP	2012	12544953	113425	75	3649381475	1226710465	758761421	125187435	416216039	1122506116	3030847
SP	SABESP	2011	12166555	111668	72	3690187646	1327449821	725147470	113860860	429753745	1093975751	2988679
SP	SABESP	2010	11796990	109666	75	3282703190	1082593713	728102522	105503898	410614908	954890954	2948771
SP	SABESP	2009	11439257	106627	74	3389529633	1262061551	714102475	110705764	393082145	902121894	2840928
SP	SABESP	2008	11130435	103824	72	3072639919	1135798618	564586017	111715984	385594232	871795150	2848901
SP	SABESP	2007	10837090	102926	65	3024025407	1117195084	464669225	99161080	418817469	920890397	2869827
SP	SABESP	2006	10525763	100595	63	2872321060	1156298670	435034311	95989929	412442752	769431798	2883120
SP	SABESP	2005	10308855	95180	61	2663904603	1050516260	435928854	93502550	400708937	680160109	2826309
SP	SABESP	2004	10088797	93757	63	2474388106	1054929716	406213105	91450020	398646151	520338225	2767474

### IPCA acumulado 2004 a 2015

Ano	IPCA	Fator
2004	7,60%	
2005	5,69%	0,946
2006	3,14%	0,919
2007	4,46%	0,883
2008	5,90%	0,839
2009	4,31%	0,810
2010	5,91%	0,773
2011	6,50%	0,736
2012	5,84%	0,705
2013	5,91%	0,677
2014	6,41%	0,649
2015	10,67%	0,607

ANEX O2 - IPCA ACUMULADO 2004 a 2015

FONTE: Adaptado do IPEA data (2018)

### Inputs e outputs – SNIS (Deflacionados)

ANEXO 3 – INPUTS E OUTPUS DEFLACIONADOS – BASE 2004

FONTE: O autor (2018)